

natuurkunde overal na vwo deel 1

UITWERKINGEN

epn

natuurkunde overal

na vwo deel 1

UITWERKINGEN

derde druk,
tweede oplage, 2007

Pieter Hogenbirk
Maria Cornelisse
Jan Frankemölle
Dik Jager
Theo Timmers

epn

inhoud

01 Verbanden met druk

1.1 Inleiding

A 1

a Het is weer rustig, de spanning is geweken.
b De luchtvochtigheid is groot (meestal bij hogere temperatuur).
c Er zijn veel mensen.
d Alleen bij de eerste

B 2

Het oppervlak van de zeilen vergroten (door meer zeilen bij te zetten); dwars op de wind zetten

B 3

Kijk op de (▸site).

1.2 Het Système International (SI)

A 4

a Vergelijken van een grootheid met een afgesproken eenheid
b Getal × eenheid
c Internationaal afgesproken systeem van zeven basisgrootheden en grondeenheden
d De eenheid van een basisgrootheid
e Eenheid die via een formule afgeleid wordt uit de grondeenheden van het SI

A 5

a Het symbool van de grootheid volume
b Het symbool van de eenheid van spanning: volt

A 6

a ampère, candela
b newton
c seconde
d kilogram
e m/s
f volt

B 7

a 1 L = 1 dm³ = $1 \cdot 10^{-3}$ m³, een volume/inhoudsmaat; een pak melk
b 0,514 m/s; snelheid in de zeevaart
c $9{,}461 \cdot 10^{15}$ m; afstand astronomie
d 0,914 m; afstand in de atletiek (Engeland)
e Kijk op de (▸site).

B 8

a 8,3 mA = $8{,}3 \cdot 10^{-3}$ A
b 16,4 MW = $16{,}4 \cdot 10^{6}$ W = $1{,}64 \cdot 10^{7}$ W
c 7,6 μC = $7{,}6 \cdot 10^{-6}$ C
d 3,06 kJ = $3{,}06 \cdot 10^{3}$ J
e 46 cm² = $46 \cdot 10^{-4}$ m² = $4{,}6 \cdot 10^{-3}$ m²
f 6,2 mm² = $6{,}2 \cdot 10^{-6}$ m²
g 3,6 L = 3,6 dm³ = $3{,}6 \cdot 10^{-3}$ m³
h 0,25 cm³ = $0{,}25 \cdot 10^{-6}$ m³ = $2{,}5 \cdot 10^{-7}$ m³

B 9

a $1{,}7 \cdot 10^{-6}$ m = 1,7 μm
b $18{,}3 \cdot 10^{3}$ Ω = 18,3 kΩ
c $0{,}35 \cdot 10^{7}$ W = $3{,}5 \cdot 10^{6}$ W = 3,5 MW
d $863 \cdot 10^{-4}$ A = $86{,}3 \cdot 10^{-3}$ A = 86,3 mA

R 10

a Diameter respectievelijk oppervlak
b Diameter: de breedte van een cirkel, gemeten door het middelpunt heen
Doorsnede: het oppervlak van een cirkel
c Aan de eenheid kun je zien met welke grootheid je te maken hebt (lengte of oppervlakte).

B 11

a $A = \pi \cdot r^2$
b $[A] = [\pi][r] \cdot [r] = 1 \cdot \text{m} \cdot \text{m} = \text{m}^2$
c omtrek = $2 \cdot \pi \cdot r$ → [omtrek] = $[2] \cdot [\pi] \cdot [r] = [r] = \text{m}$, terwijl $[A] = \text{m}^2$ (zie vraag b)
d Aan de eenheid kun je zien met welke grootheid je te maken hebt en of je de juiste formule hebt.

B 12

a $V = l \cdot b \cdot h$ →
$[V] = [l] \times [b] \times [h] = \text{m}^3$
b stroomsterkte = volume / tijdsduur →
[stroomsterkte] = [volume] / [tijdsduur] = m³/s (= $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

B 13

$[E_k] = [\tfrac{1}{2}] \cdot [m] \cdot [v]^2 = 1 \cdot \text{kg} \cdot (\text{m/s})^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ of $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

1.3 Recht evenredige verbanden

A 14

a De kracht die de aarde op het pakje uitoefent
b De kracht door een veer op het pakje
c Als het pakje stil hangt.
Opmerking: dit geldt ook als het pakje met een constante snelheid zou bewegen. Zie later in hoofdstuk 4.

A 15

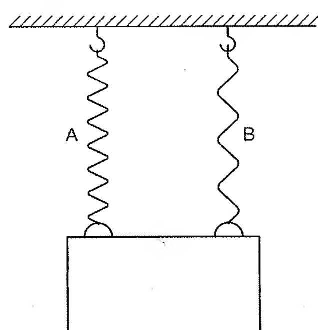
a Nee, tenzij bij de waarde 0 van de ene grootheid de waarde 0 van de andere grootheid hoort.
b Ja (een bijzondere vorm van een lineair verband)
c Een recht evenredig verband
d Aflezen: 31 N
e Interpoleren
f Aflezen: 53 N
g Extrapoleren

A 16

a De steilheid stelt de zwaarteconstante voor.
b Steilheid = $F_z / m = 49 / 5 = 9,8$ N/kg
c Op de evenaar is de zwaarteconstante iets kleiner. De grafiek zal iets minder steil lopen.

C 17

a Zie figuur 1.1.



1.1

b Voor elke veer geldt: $F_v = C \cdot u$
$F_{v,A} = C_A \cdot u_A = 3,2 \times 1,5 = 4,8$ N
$F_{v,B} = C_B \cdot u_B = 5,4 \times 1,5 = 8,1$ N
$F_{v,tot} = 4,8 + 8,1 = 12,9$ N
c De veer hangt stil dus $F_z = F_v = 12,9$ N
$F_z = m \cdot g \rightarrow m = F_z / g = 12,9 / 9,81 = 1,31$ kg

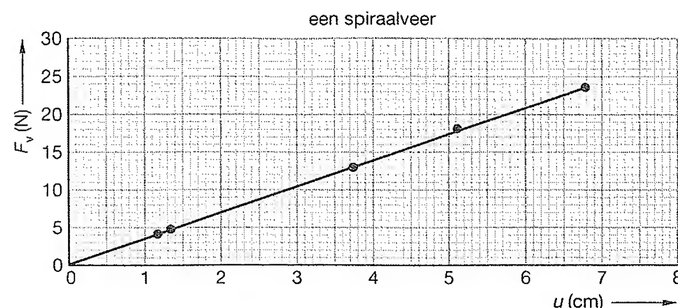
C 18

Kijk op de (▸site).
a $F_v = F_z = m \cdot g$. Zie de eerste kolom van de tabel van figuur 1.2.
b De u is l_{veer} – de beginlengte. Zie de tweede kolom in de tabel van figuur 1.2.

F_v (N)	u (cm)
0	0
4,51	1,3
5,98	1,6
14,7	3,9
19,7	5,2
24,7	6,7

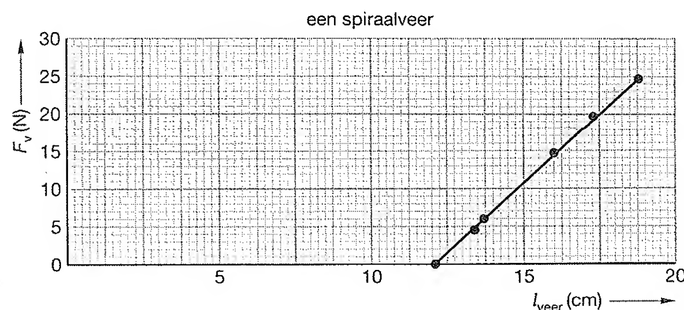
1.2

c Zie figuur 1.3.



1.3

d Zie figuur 1.4.



1.4

e In beide gevallen is de steilheid 3,7 N/cm. Dit is de veerconstante C.
f De veerconstante is zowel de steilheid is een F,u-diagram als in een F,l-diagram.
g De veer is niet helemaal 'elastisch': door de kracht met steeds hetzelfde bedrag te verhogen wordt de veer niet precies evenveel langer. Met je liniaal kun je tot op één millimeter nauwkeurig meten. Nog nauwkeuriger meten, bijvoorbeeld op honderdsten van millimeters, gaat niet.
h Nee. De genoemde bezwaren blijven. Wellicht kun je door extra training de uitkomsten bij de aflezing iets nauwkeuriger geven.
i Omdat je bij het meten het aantal millimeters kunt opgeven, namelijk 0.

B 19

a $m = 250$ g
b $V = l \cdot b \cdot h = 11 \times 6 \times 4 = 264$ cm³
c Bijvoorbeeld $m_1 = 50$ g en $m_2 = 200$ g
d $V_1 = l \cdot b \cdot h = 2,2 \times 6 \times 4 = 52,8$ cm³
$V_2 = l \cdot b \cdot h = 8,8 \times 6 \times 4 = 211$ cm³
e $m / V = 250 / 264 = 0,95$ g/cm³
$m_1 / V_1 = 50 / 52,8 = 0,95$ g/cm³
$m_2 / V_2 = 200 / 211 = 0,95$ g/cm³
f Het quotiënt is steeds gelijk.

1.4 Dichtheid

A 20

a 4
b 3
c 2
d 4
e 1
f ½ = 0,50000000 enzovoorts, dus oneindig veel
g Kijk op de ▸site.

A 21

$A = l \cdot b$; $l = 21{,}0$ cm; $b = 29{,}7$ cm $\rightarrow A = 624$ cm² (niet 623,7 cm²!)

A 22

a $1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³
b $5{,}0 \cdot 10^{-4}$ N
c 14 m²
d $1{,}08 \cdot 10^4$ V
e $2{,}2 \cdot 10^2$ W
f 1 m/s
g 9,39 dm³

A 23

a De voorwerpen zijn van dezelfde stof gemaakt, dus $\rho = m / V$ is even groot.
b De loden lepel is zwaarder omdat lood zwaarder is dan aluminium bij hetzelfde voorwerp (hetzelfde volume).
c De dichtheid is de steilheid.
Lees af bij ($1 \cdot 10^{-3}$ m³; 11,4 kg) →
$\rho_{lood} = m / V = 11{,}4 / 1 \cdot 10^{-3} = 1{,}14 \cdot 10^4$ kg/m³

B 24

a ▸binas tabel 11 → voor olijfolie
$\rho_{olie} = 0{,}92 \cdot 10^3$ kg/m³ = 0,92 kg/dm³
$m = \rho \cdot V$, $V = 1$ L = 1 dm³ → $m_{olijfolie} = 0{,}92$ kg
b Totale massa $m = 0{,}57 + 0{,}92 = 1{,}49$ kg
$F_z = m \cdot g = 1{,}49 \times 9{,}81 = 14{,}6$ N = 15 N
c $\rho_{olie} < \rho_{water}$ dus olijfolie drijft op water.

A 25

a $F_z = m \cdot g = 651 \times 9{,}81 = 6{,}39 \cdot 10^3$ N.
b Zie ▸binas tabel 10: $2{,}7 \cdot 10^3$ kg/m³
c $m = \rho \cdot V \rightarrow V = m / \rho = 651 / 2{,}7 \cdot 10^3 = 0{,}24$ m³
d –

B 26

a $F_z = F_v = 0{,}45$ N $= m \cdot g$ →
$m = F_z / g = 0{,}45 / 9{,}81 = 4{,}59 \cdot 10^{-2}$ kg
$V = 46$ cm³ − 24 cm³ = 22 cm³ = $22 \cdot 10^{-3}$ dm³
$\rho = m / V = 4{,}59 \cdot 10^{-2} / 22 \cdot 10^{-3} = 2{,}1$ kg/dm³
b $\rho_{steen} > \rho_{water}$ dus de steen zinkt.

B 27

a –
b –
c $0{,}86 \cdot 10^3$ kg/m³ = $0{,}86 \cdot 10^3 \times 1 \cdot 10^3$ g / $1 \cdot 10^3$ dm³ = $0{,}86 \cdot 10^3$ = $8{,}6 \cdot 10^2$ g/dm³
d Onnauwkeurigheden bij meting, onbekende ingrediënten die de dichtheid doen afwijken van de standaardwaarde in ▸binas.
e Nee, bij een dikkere plak hoort een recht evenredig grotere massa. De dichtheid, de verhouding tussen massa en volume, blijft gelijk.

C 28

a De inhoud van de ballon is even groot als het volume water dat erin kan. Bereken V uit $m = \rho \cdot V$.
massa lege ballon: 1,576 kg
massa volle ballon: 3,638 kg
$m_w = 3{,}638 - 1{,}576 = 2{,}062$ kg
ρ (water) = $0{,}998 \cdot 10^3$ kg/m³ (▸binas tabel 11)
$m = \rho \cdot V \rightarrow 2{,}062 = 0{,}998 \cdot 10^3 \times V \rightarrow V = 2{,}07 \cdot 10^{-3}$ m³
b Je gebruikt weer $m = \rho \cdot V$, nu voor de lucht in de ballon.
$m = 0{,}002$ kg, $V = 2{,}066 \cdot 10^{-3}$ m³ → $\rho = 0{,}97$ kg/m³ of 1 kg/m³
c De massa lucht in de ballon is klein (enkele grammen). Enkele druppels water hebben grote invloed op de meting van de massa lucht.
d De kracht van de lucht tegen het karton is groter dan de zwaartekracht op het water.

C 29

Kijk op de ▸site.

1.5 Druk uitgeoefend door de lucht of een gas

A 30

De moleculen bewegen kriskras door elkaar heen en botsen daardoor tegen vaste oppervlakken aan. Ze oefenen een kracht uit op elke cm² → *druk*!

A 31

a De luchtdruk werkt naar alle kanten.
b De druk ontstaat door de botsingen van de moleculen tegen een oppervlak. De moleculen bewegen in alle richtingen. Daardoor maakt de stand van dat oppervlak niets uit.

B 32

a $p = F / A \rightarrow F = p \cdot A = 1{,}0 \cdot 10^5 \times 1{,}0 \cdot 10^{-4} = 10$ N
b $F_{tafel} = p \cdot A = 1{,}0 \cdot 10^5 \times 0{,}52 = 5{,}2 \cdot 10^4$ N
c De luchtdruk werkt van alle kanten op de tafel, ook op de onderkant.
d Bij $d = 4{,}0$ cm geldt $A = \pi \cdot r^2 = \pi \times 2{,}0^2 = 12{,}56$ cm² → 12,6 cm².
Stel $F = 110$ N →
$p = F / A = 110 / 12{,}56 = 8{,}8$ N/cm² = $8{,}8 \cdot 10^4$ Pa.
Dit is circa 13% minder.
e De oppervlakte van de zuignap wordt tijdens het belasten kleiner.

B 33

a Bijvoorbeeld 1028 mbar
b Bij een normale aanwijzing van de barometer van bijvoorbeeld 1002 mbar is de overdruk 1028 − 1002 = 26 mbar = 0,026 bar = 26 hPa = $2{,}6 \cdot 10^3$ Pa = $2{,}6 \cdot 10^3$ N/m² = 0,26 N/cm².

B 34

a Bij één inademing zitten er in het volume van je borstkas maar weinig zuurstof en andere gassen van de lucht. De massa aan lucht in dat volume is gering. De dichtheid van lucht (m / V) is dus klein.

b Als de druk lager is, botsen er minder moleculen tegen een (denkbeeldig) oppervlak van 1 cm². In een ruimte van 1 cm³ in de buurt van dat oppervlak zitten dus minder moleculen en is de massa dus klein. De dichtheid ($\rho = m / V$) is dus klein.

A 35

a Een hoeveelheid van $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ moleculen

b In de dagelijkse praktijk heb je te maken met een aantal moleculen in de orde van 10^{23}.

B 36

a De temperatuur blijft gelijk en het volume van de lucht in de voetbal blijft gelijk.

b De massa en het de hoeveelheid stof wordt 14,4 / 13,2 = 1,091× zo groot (er komt dus 9,1%) bij.
Vanwege de recht evenredigheid wordt de druk ook 1,091× zo groot en neemt dus ook met 9,1% toe.

c Er zit nu 1,091 × 0,45 = 0,491 mol in de voetbal. Het aantal moleculen $N = n \cdot N_A = 0{,}491 \times 6{,}02 \cdot 10^{23} = 3{,}0 \cdot 10^{23}$

C 37

a Vergelijk de zwaartekracht op het water met de kracht waarmee de nap tegen de wand gedrukt wordt.
$F_z = m \cdot g = 2{,}2 \times 9{,}81 = 22$ N;
$A = \pi \cdot r^2$, $r = 1{,}3$ cm $\rightarrow A = \pi \times (1{,}3 \cdot 10^{-2})^2 = 5{,}31 \cdot 10^{-4}$ m²;
$F_{lucht} = p \cdot A = 1{,}0 \cdot 10^5 \times 5{,}31 \cdot 10^{-4} = 53$ N;
$F_{lucht} > F_z$: de jas kan blijven hangen.

b Het verschil van de krachten (vraag a) is 31 N. F_z op het water in de jas kan even veel groter zijn.
Gebruik $F_z = m \cdot 9{,}81 \rightarrow m = 3{,}16$ kg
Gebruik $m = \rho \cdot V$; ρ van water 1,0 kg/dm³ $\rightarrow$
$V = 3{,}2$ dm³ = 3,2 L

C 38

a $A = l \cdot b = 0{,}0625$ m².
Je kunt $F = p \cdot A = 0{,}1 \cdot 10^5 \times 0{,}0625 = 625$ N 'weerstaan'.
$F_z = m \cdot g \rightarrow$ Iemand met minder dan
$m = F_z / g = 625 / 9{,}81 = 63{,}7$ kg $\rightarrow$ 64 kg kan worden 'opgeblazen'.

b De druk binnenin is $1{,}0 \cdot 10^5 + 0{,}1 \cdot 10^5 = 1{,}1 \cdot 10^5$ Pa

c Het zoloppervlak van je voeten is kleiner dan dat van het plankje. Stel dat oppervlak op 0,04 m² $\rightarrow$ De kracht kan worden $F = p \cdot A = 0{,}1 \cdot 10^5 \times 0{,}04 = 4 \cdot 10^2$ N $\rightarrow$ iemand van hooguit 40 kg. Niet dus.

d Kijk op de ▸site.

1.6 Het verband tussen druk en temperatuur van een gas

A 39

a Als andere factoren (dan de temperatuur) die ook invloed hebben op de druk, niet veranderen.

b Eerlijk vergelijken (ceteris paribus)

c Moleculen bewegen sneller; 1 m² van de wand waar ze tegen botsen ondervindt een grotere kracht. Bovendien is het aantal botsingen in dezelfde tijdsduur groter.

d Druk is recht evenredig met de absolute temperatuur.
$p \sim T$ of $p = c \cdot T$

B 40

a De hoeveelheid lucht en het volume blijft gelijk. Dus de Wet van Gay-Lussac geldt.
Omrekenen in K: $T(\text{K}) = T(°\text{C}) + 273$
Dus $T_1 = 22 + 273 = 295$ K en $T_2 = 66 + 273 = 339$
$p_1 / T_1 = p_2 / T_2$ met
$p_1 = 2{,}12 + 1{,}03 = 3{,}15$ bar $= 3{,}15 \cdot 10^5$ Pa
$3{,}15 \cdot 10^5 / 295 = p_2 / 339 \rightarrow p_2 = 3{,}62 \cdot 10^5$ Pa
De overdruk is $3{,}62 - 1{,}03 = 2{,}59 \cdot 10^5$ Pa = 2,59 bar

b Bij een andere temperatuur hoort een andere druk. Je moet dus wel weten bij welke temperatuur je meet. (De afspraak bij fabrikanten is dat de druk bij koude banden gemeten moet worden.)

B 41

a $T_1 = 17 + 273 = 290$ K en $T_2 = 32 + 273 = 305$ K
$p_1 / T_1 = p_2 / T_2$ met $p_1 = 1005 + 12 = 1017$ mb
$1017 / 290 = p_2 / 305 \rightarrow p_2 = 1{,}07$ bar

b Door de hoge druk zal het volume toch iets toenemen waardoor de druk weer wat lager wordt.

B 42

a Zie figuur 1.30a in het leerboek.
Bepaal de steilheid met de punten (100 °C, $1{,}25 \cdot 10^5$ Pa) en (−20 °C, $0{,}84 \cdot 10^5$ Pa)
Steilheid = $\Delta p / \Delta T = 0{,}41 \cdot 10^5$ Pa / 120 °C = $3{,}4 \cdot 10^2$ Pa/°C
De steilheid van figuur 1.30b vind je met het punt 300 K; $1{,}02 \cdot 10^5$ Pa).
Resultaat: $\Delta p / \Delta T = 1{,}02 \cdot 10^5 / 300 = 3{,}4 \cdot 10^2$ Pa/K

b Die zijn gelijk. Een verandering in °C of in K is gelijk.

c Kijk op de ▸site.

B 43

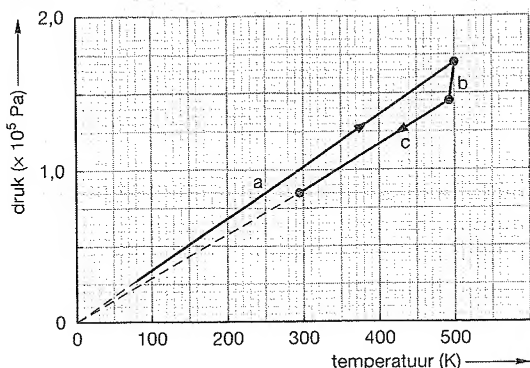
a $p_1 / T_1 = p_2 / T_2 \rightarrow 0{,}98 \cdot 10^5 / 273 = 0{,}27 \cdot 10^5 / T_2 \rightarrow T_2 = 75$ K

b Aan de hand van de gemeten druk kun je de temperatuur berekenen.

c Beneden 80 K is lucht vloeibaar en geen gas (zie ▸binas tabel 12). Er zou dan ook geen gasdruk zijn.

C 44

Zie figuur 1.5.



1.5

a p / T = constant. In een p,T-diagram is de grafiek een rechte lijn door de oorsprong.
$p / T = 3{,}4 \cdot 10^2$, T = 500 K → $p = 1{,}70 \cdot 10^5$ Pa
$p \sim T$. Trek een lijn door de oorsprong en door (500 K; $1{,}70 \cdot 10^5$ Pa). Zie figuur 1.5, lijn a.

b Zie figuur 1.5, lijn b.

c $p \sim T$. Trek een lijn door de oorsprong en door (493 K; $1{,}45 \cdot 10^5$ Pa). Het lijnstuk tussen 493 K en 295 K. Zie figuur 1.5, lijn c.

d $3{,}4 \cdot 10^2$ Pa/K; $2{,}9 \cdot 10^2$ Pa/K

e De steilheid verandert als de massa verandert.

C 45

a Drukverschil = 940 – 935 = 5 hPa = $5 \cdot 10^2$ N/m² omhoog
$F_{omhoog} = p \cdot A = 5 \cdot 10^2 \times 12 = 6 \cdot 10^3$ N

b Constante snelheid → resulterende verticale kracht = 0 →
$F_{omhoog} = F_z$ → $m \cdot 9{,}8 = 6 \cdot 10^3$ → $m = 6 \cdot 10^3 / 9{,}8 = 6 \cdot 10^2$ kg

1.7 Het verband tussen druk en volume van een gas

A 46

a De wet van Boyle geldt als de hoeveelheid gas en de temperatuur constant blijven.

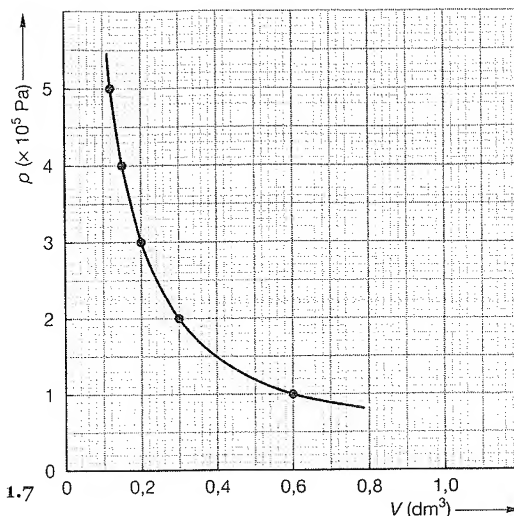
b $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ → $2{,}4 \times 0{,}34 = p_2 \times 0{,}51$ →
$p_2 = 2{,}4 \times 0{,}34 / 0{,}51 = 1{,}6$ bar

A 47

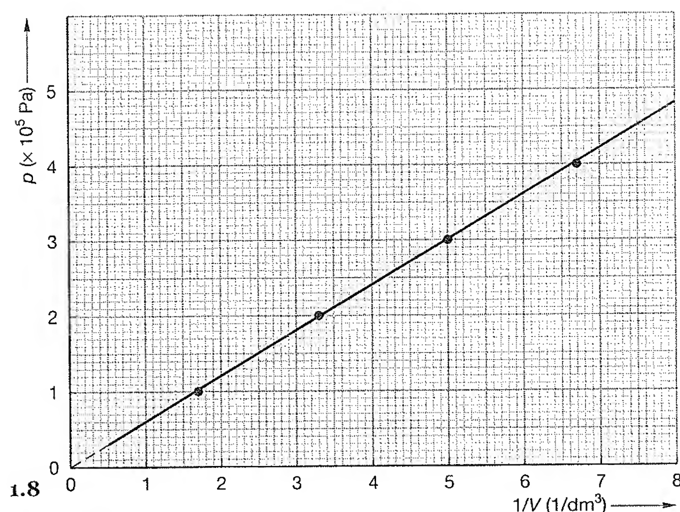
a,b Zie de tabel in figuur 1.6 en de figuren 1.7 en 1.8.

p (×10⁵ Pa)	5,0	4,0	3.0	1,0	1,5
V (dm³)	0,12	0,15	0,20	0,30	0,40
$1 / V$ (dm⁻³)	8,3	6,7	5,0	3,3	2,5

1.6



1.7



1.8

B 48

a Die zal gelijk worden.

b In de verhouding van de volumes →
$m_A : m_B = 40 : 10 = 4 : 1$ →

$$m_A = \frac{4}{5}\, m_{tot} \text{ en } m_B = \frac{1}{5}\, m_{tot}$$

m_{totaal} = 30 g → m_A = 24 g en m_B = 6 g

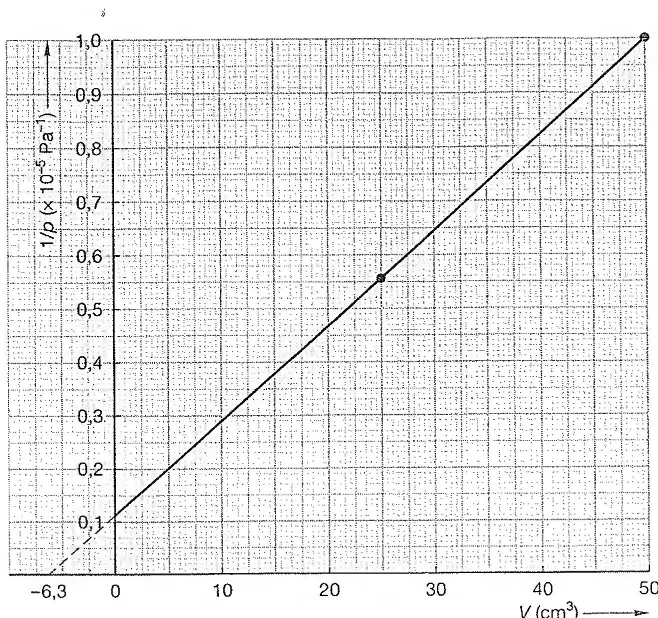
c A heeft constant volume en temperatuur. Druk en dichtheid zijn recht evenredig met de massa. In A is de massa van het gas 0,80× zo groot geworden; de dichtheid en de druk zullen 0,80× zo groot worden → $p = 8{,}0 \cdot 10^4$ Pa
Alternatief: Wet van Boyle met op het eind gelijke druk in de ruimtes:
$(1{,}0 \cdot 10^5) \times 40 = p \cdot 50$ → $p = 8{,}0 \cdot 10^4$ Pa

C 49

a Volume 2× zo klein, druk 2× zo groot → $p = 2{,}0 \cdot 10^5$ Pa

b $p \cdot V$ = constant. Stel het volume van de manometer M.
$1{,}0 \cdot 10^5 \times (50 + M) = 1{,}8 \cdot 10^5 \times (25 + M)$ → M = 6,3 cm³

c Bij V = 25 cm³ hoort $p = 1{,}8 \cdot 10^5$ Pa en $1 / p = 0{,}56 \cdot 10^{-5}$ Pa⁻¹
Bij V = 50 cm³ hoort $p = 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa en $1 / p = 1{,}0 \cdot 10^{-5}$ Pa⁻¹
Zie figuur 1.9.



1.9

d Als de manometer geen eigen volume had, zou de grafiek door (0;0) gaan. Lees het verschil af. Bedenk dat het volume van de lucht bestaat uit het volume *V* in de spuit plus het volume van de manometer.

C 50

a $F_z = m \cdot g$; steilheid is *g*, de zwaartekrachtsconstante in N/kg
b $F_v = C \cdot u$; steilheid is *C*, de veerconstante in N/m
c $m = \rho \cdot V$; steilheid is ρ, de dichtheid in kg/m³
d $U = R \cdot I$; steilheid is *R*, de weerstand in V/A = Ω

B 51

a Dan wordt het volume ook groter en de druk hoeft niet erg toe te nemen omdat de extra moleculen plaats krijgen in een grotere ruimte.
b Bij elke slag verandert het volume nauwelijks. Dan neemt de druk toe recht evenredig met het aantal moleculen. Omdat er al veel moleculen in de band zitten, neemt de druk nauwelijks toe.

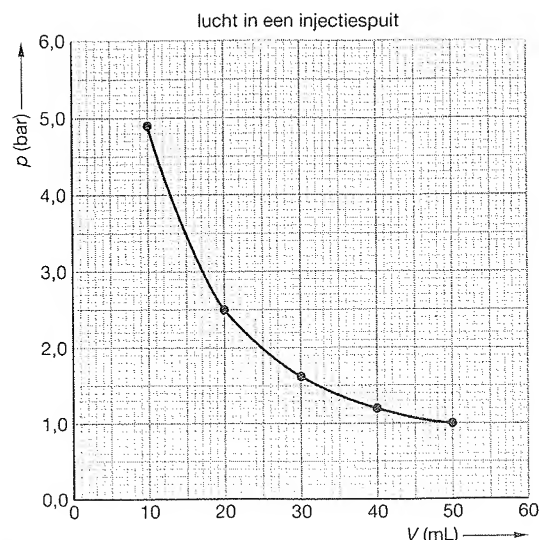
C 52

Kijk op de (▸site).

V (mL)	p (bar)	1 / V (1/mL)
50	1,0	0,020
40	1,2	0,025
30	1,6	0,033
20	2,5	0,050
10	4,9	0,10

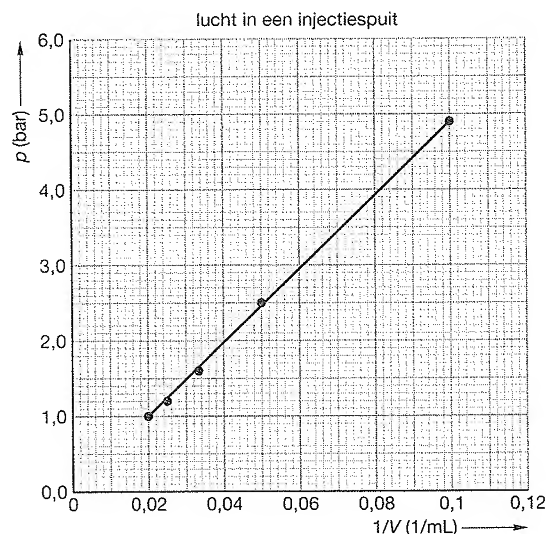
1.10

a Zie de eerste twee kolommen in de tabel van figuur 1.10.
b Zie figuur 1.11.



1.11

c Zie de laatste kolom in de tabel van figuur 1.10.
d Zie figuur 1.12.



1.12

e Met behulp van trendlijn: steilheid = 50 bar · mL
f $50 \text{ bar} \cdot \text{mL} = 50 \times (1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2) \times (1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3) = 5{,}0 \text{ N} \cdot \text{m}$

B 53

De einduitkomst behoort in twee significante cijfers te staan. Alle uitkomsten van $p \cdot V$ liggen tussen 33,5 N · m en 34,5 N · m en die kun je dus met hetzelfde significante getal 34 N · m aangeven.

R 54

a Het gaat om hoeveelheid gas, de temperatuur en het volume.

b Paragraaf 1.2: SI (en niet-SI) plus het omrekenen met machten (vermenigvuldigingsfactoren)
Paragraaf 1.3: recht evenredige verbanden ($F_v = C \cdot u$ en $F_z = m \cdot g$) in formule en diagram; steilheid
Paragraaf 1.4: dichtheid ($m = \rho \cdot V$), significante cijfers, meetonnauwkeurigheid en -onzekerheid, vuistregels
Paragraaf 1.5: molecuultheorie en eerlijk vergelijken ('ceteris paribus'); de eenheid mol
Paragraaf 1.6: hypothese; Wet van Gay-Lussac
Paragraaf 1.7: omgekeerd evenredig, Wet van Boyle, coördinatentransformatie

B 55

Kijk op de ▸site.

B 56

Kijk op de ▸site.

B 57

Kijk op de ▸site.

R 58

Kijk op de ▸site.

02 Elektriciteit

2.1 Inleiding

A 1

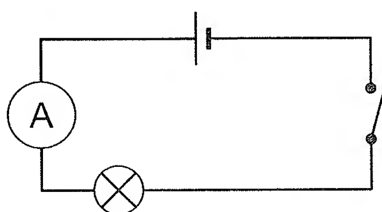
a Warmte
b Magnetische energie
c Bewegingsenergie en warmte
d Stralingsenergie (licht) en warmte
e Stralingsenergie

A 2

a Spanning in volt; stroomsterkte in ampère; weerstand in ohm
b Spanningsmeter en stroommeter
c Generator (van noodcentrale), stopcontact (lichtnet), dynamo, batterij, accu
d De functie van een spanningsbron is het meegeven van elektrische energie aan een stroom, en het rondpompen van die stroom.
e De twee batterijen tegen elkaar plaatsen met de 'plus' van de ene tegen de 'min' van de andere.

A 3

Zie figuur 2.1.



2.1

B 4

De waterstraal wordt naar het plastic voorwerp toegebogen.

B 5

Kijk op de ▸site.

2.2 Elektrische lading

A 6

a Honderdduizenden
b Evenveel als er stoffen zijn, dus ook honderdduizenden
c Ongeveer honderd (zie ook ▸binas tabel 40 of 99)
d Cu
e 29
f Een voorwerp is elektrisch neutraal als het evenveel positieve als negatieve lading heeft.

A 7

a Een atoom dat een of meer elektronen heeft afgestaan of opgenomen.
b De kleinste (positieve) lading die bestaat: $1{,}6021765 \cdot 10^{-19}$ C
c $9{,}10939 \cdot 10^{-31}$ kg
d $Q = 29 \times -1{,}6021765 \cdot 10^{-19} = -4{,}65 \cdot 10^{-18}$ C
e Een atoom als geheel is neutraal: de kern heeft dus een lading van $+4{,}65 \cdot 10^{-18}$ C.

A 8

a Elke seconde passeert 0,46 C lading.
b Er stroomt elke seconde 0,46 C aan negatief geladen elektronen de andere kant op.
c Elke seconde passeert 0,46 C. In 0,5 s passeert de helft (0,23 C).
23 mC = 0,023 C → $t = 0{,}023 / 0{,}46 = 0{,}050$ s

A 9

a Het papier beweegt naar de gewreven kam toe.
b Een gewreven kam is elektrisch geladen. Of: een gewreven kam oefent een (elektrische) kracht uit op een snippertje papier (en omgekeerd).
c Bliksem

B 10

a Definitie II is goed, want anders zou de isolator de lading direct aan jouw lichaam afgeven als je hem vasthoudt.
of:
Definitie I is niet goed, want uit de opdracht aan het begin van de paragraaf volgt dat de plastic kam wel elektrisch geladen wordt. Dus definitie II is goed.
b Een geleider is een stof die gemakkelijk lading door kan geven.

B 11

a Voor de lading die na 10 s is gepasseerd, geldt:
$Q = I \cdot t = 65 \cdot 10^{-3} \times 10 = 0{,}65$ C
b Bij een 2× zo grote tijdsduur hoort een 2× zo grote lading.
$Q = 2 \times 0{,}65 = 1{,}30$ C
c $I = Q / t = 1{,}2 \cdot 10^{-3} / 30 \cdot 10^{-3} = 0{,}040$ A
d $N = 1{,}2 \cdot 10^{-3} / 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 7{,}5 \cdot 10^{15}$

C 12

a Inschakelen: sneller draaien
Uitschakelen: langzamer draaien
b Hoger vermogen: sneller draaien
c Geen verandering te zien

C 13

a Anders zou de lading via je lichaam weggestroomd zijn.
b Het voorwerp geeft een klein deel van zijn lading af aan de elektroscoop en houdt dus zelf minder lading over.
c Nee, want de elektroscoop is gebaseerd op het afstoten van gelijknamige ladingen. Deze kunnen zowel positief als negatief zijn.

2.3 Elektrische energie en vermogen

A 14

a Tijdsduur; eigenlijk zou Δt dus beter zijn: $E = P \cdot \Delta t$.
b Tijdsduur; eigenlijk zou Δt dus beter zijn: $I = Q \cdot \Delta t$.

A 15

a Bij de joule gaat het om tijd in s en vermogen in W. In huis en in fabrieken staan elektrische apparaten geen seconden, maar uren aan en zijn de vermogens veel groter dan enkele watts.
b Totaal: 4,5 + 21,7 + 32,1 + 23,6 + 1,6 + 34,7 = 118,2 MJ. Aan het huishouden wordt 23,6/118,2 -de deel = 0,199-de deel besteed. Dat is afgerond 20%.

B 16

Voor € 8,0 koop je 8,0 / 0,16 = 50 kWh.
Het vermogen van 20 lampen bedraagt 20 × 60 = 1,2 kW.
$E = P \cdot t \rightarrow t = E / P = 50 / 1{,}2 = 42$ h

B 17

a $P = \frac{E}{t} \rightarrow \frac{E}{t} = P \rightarrow E = P \cdot t$

b $P = U \cdot I \rightarrow [P] = [U] \cdot [I] = \text{V} \cdot \text{A} \rightarrow$ het elektrisch vermogen kun je ook uitdrukken in 'voltampère'.

B 18

a 17 W
b Het vermogen van het lichtnet is even groot als het elektrische vermogen van het apparaat, dus ook 17 W.
c $E = P \cdot t = 0{,}017$ (kW) × 2 (h) = $3{,}4 \cdot 10^{-2}$ kWh (= 0,034 kWh)
d $E = 0{,}034 \times 3{,}6 \cdot 10^6 = 1{,}2 \cdot 10^5$ J of
$E = P \cdot t = 17 \times 2 \times 3600 = 122\,400$ J $= 1{,}2 \cdot 10^5$ J
e -

A 19

a 230 V
b $P = U \cdot I \rightarrow U \cdot I = P \rightarrow$

$I = \frac{P}{U} = \frac{18}{230} = 7{,}8 \cdot 10^{-2}$ A

B 20

a Per dag 24 × 10 = 240 min = 4 h aan;
dus per week 7 × 4 = 28 h.
$E = P \cdot t \rightarrow E = 1{,}5 \times 28 = 42$ kWh
b (▸binas) tabel 5: 1,0 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J
$E = 42 \times 3{,}6 \cdot 10^6 = 1{,}5 \cdot 10^8$ J $= 1{,}5 \cdot 10^2$ MJ (M betekent 10^6)
of
$P = 1500$ W; $E = 1500 \times 28 \times 3600 = 1{,}5 \cdot 10^8$ J $= 1{,}5 \cdot 10^2$ MJ

A 21

a De elektrische energie die in de deken per s wordt omgezet.
b Dat betekent dat 85% van de elektrische energie (elektrisch vermogen) wordt omgezet in warmte (warmtevermogen).
c $P_{nut} = \eta \cdot P_{in} = 0{,}85 \times 150 = 1{,}3 \cdot 10^2$ W

B 22

a Er loopt wel stroom, maar niet genoeg om de draad te laten gloeien. De lamp brandt niet.
b Het lampje geeft heel even heel fel licht. Dan smelt de gloeidraad. De spanning van het stopcontact is veel te hoog voor het lampje. Waarschijnlijk slaat de stop door. LET OP: dit proefje niet uitvoeren!

B 23

a Elektrische tandenborstel, modem en monitor bij een computer, wekkerradio, videorecorder, magnetron, telefoon(huis)centrale, optische muis, enzovoort.
b $E_{standby} / E_{gezin} = 320 / 3000 = 0{,}11$; dat wil zeggen 11%
c Kosten = 320 × € 0,16 = € 51,20

B 24

a $E = 9{,}8 \times 2{,}7 = 26{,}46$ J $\rightarrow$ 26 J
b P = intensiteit × oppervlakte = 800 × 0,21 = $1{,}68 \cdot 10^2$ W
c $E = P \cdot t \rightarrow t = E / P = 26{,}46 / 168 = 0{,}16$ s
d De nuttige energie is 4,8% van 168 W.
$E = P \cdot t \rightarrow t = E / P = 26{,}46 / (0{,}048 \times 168) = 3{,}3$ s
e Deze spanningsbron gebruikt geen fossiele brandstoffen en is dus een milieuvriendelijke spanningsbron.
Deze spanningsbron heeft geen lange kabels en geen onderhoud nodig.

C 25

a In warmte

b Rendement $= \frac{E_{nut}}{E_{in}} \cdot 100\% = \frac{E_{str}}{E_{el}} \cdot 100\% \rightarrow$

$0{,}7\% = \frac{E_{str}}{(500 \times 22 \times 1{,}2)} \cdot 100\% \rightarrow E_{str} = 92{,}4 \text{ J} \rightarrow 0{,}9 \cdot 10^2 \text{ J}$

c $E = 92{,}4 / 3{,}6 \cdot 10^6 = 3 \cdot 10^{-5}$ kWh

2.4 Spanning en stroomsterkte

A 26

a Oppervlakte met als eenheid m² (ook staat in (▸binas) de grootheid activiteit met als eenheid Bq)
b Ampère voor de grootheid stroomsterkte
c Spanning met als eenheid volt

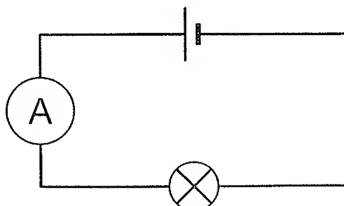
d Volume met als eenheid m^3
e Volt voor de grootheid spanning

A 27

Bij het eerste diagram staat de stroomsterkte op de verticale as, bij het tweede de spanning.

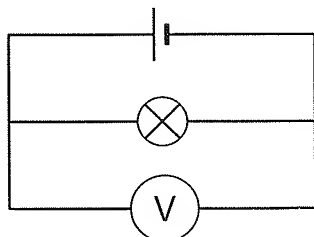
A 28

a Zie figuur 2.2.



2.2

b Er is één extra snoer nodig.
c Zie figuur 2.3.



2.3

d Er zijn twee extra snoeren nodig.

A 29

Voor een ohmse weerstand geldt de wet van Ohm (spanning en stroomsterkte zijn recht evenredig). De voorwaarde bij deze wet is, dat de temperatuur constant blijft. Een gloeidraad die geen licht uitzendt, heeft een lagere temperatuur dan een gloeidraad die dat wel doet. De gloeidraad is dus geen ohmse weerstand.

B 30

Er loopt inderdaad geen stroom, maar over de schakelaar staat wel 230 V. Het is dus niet veilig om te doen: Inge heeft gelijk.

B 31

A1, A3, V3 zijn fout geschakeld. V1 of V2 zijn niet fout geschakeld, maar overbodig.

A 32

1 De natuurwetenschapper Ohm;
2 de formule van Ohm;
3 de ohm als eenheid van weerstand;
4 de wet van Ohm;
5 ohmse weerstanden.

A 33

a De wet van Ohm zegt dat spanning en stroomsterkte recht evenredig zijn, oftewel dat de weerstand van bepaalde materialen constant is.
De formule van Ohm definieert de weerstand van een elektrisch onderdeel als het quotiënt van spanning en stroomsterkte (in elke situatie).
b Voor de constantaandraad en de koolstofweerstand
c Voor alle drie componenten

A 34

a $R = \frac{U}{I} = \frac{3{,}5}{0{,}28} = 13\ \Omega$

b Het is een ohmse weerstand $\rightarrow$ U en I zijn recht evenredig $\rightarrow$ $I = 2 \times 0{,}28 = 0{,}56$ A

B 35

Ze hebben een verschillende weerstand, zodat er bij dezelfde spanning een andere stroomsterkte doorheen gaat. Dat geeft een verschillende lichtsterkte.

A 36

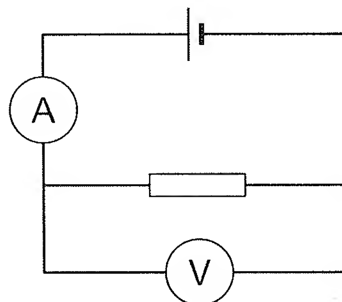
a $R = U / I = 230 / 0{,}52 = 4{,}4 \cdot 10^2\ \Omega$
b $U = I \cdot R = 0{,}330 \times 12{,}6 = 4{,}16$ V
c $U = I \cdot R \rightarrow I \cdot R = U \rightarrow$
$I = U / R = 12 / 2{,}4 \cdot 10^3 = 5{,}0 \cdot 10^{-3}$ A

B 37

Je ziet alleen het rode lampje branden.

A 38

a Zie figuur 2.4.

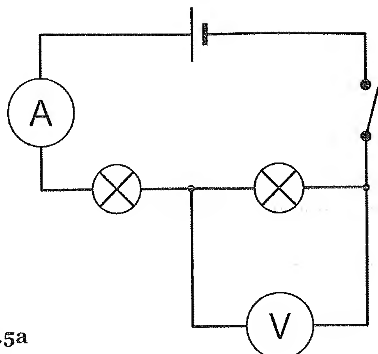


2.4

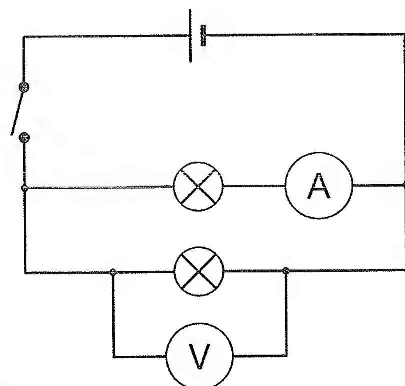
b $R = U / I = 4{,}4 / 63 \cdot 10^{-3} = 70\ \Omega$

B 39

Zie figuur 2.5a en b.



2.5a



2.5b

C 40

a Aflezen: $I = 0{,}26$ A $\rightarrow$ $P = U \cdot I = 230 \times 0{,}26 = 60$ W

b Aflezen: $I = 0{,}25$ A $\rightarrow$ $R = U / I = 200 / 0{,}25 = 8{,}0 \cdot 10^2\ \Omega$

c Aflezen: $I = 0{,}18$ A $\rightarrow$ $R = U / I = 100 / 0{,}18 = 5{,}6 \cdot 10^2\ \Omega$

d Bij halveren van de spanning zou bij constante weerstand de stroomsterkte halveren. Dat betekent een lagere temperatuur en dus een lagere weerstand van de gloeidraad. De stroomsterkte is groter dan je zou verwachten, dus meer dan de helft van de stroomsterkte bij 100 V.

e Aflezen: $I = 0{,}11$ A; dat is inderdaad meer dan de helft van 0,18 A.

2.5 De weerstand van metalen draden

A 41

Wolfraam staat op de 74ste plaats in het periodiek systeem (binas tabel 40A of 99). Dus zijn er 74 elektronen met een totale lading van $74 \times -1{,}60 \cdot 10^{-19} = -1{,}18 \cdot 10^{-17}$ C en een kern met een lading van $+1{,}18 \cdot 10^{-17}$ C.

A 42

a $A = \pi \cdot r^2$

b $r = d / 2 \rightarrow A = \pi \cdot 1{,}00^2 = 3{,}14\ \text{cm}^2$

A 43

a $17 \cdot 10^{-9}\ \Omega \cdot \text{m}$

b $1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega$

c $17 \cdot 10^{-9} / 1{,}0 \cdot 10^{-4} = 1{,}7 \cdot 10^{-4}\ \Omega$

d $(17 \cdot 10^{-9} \times 100) / (1 \cdot 10^{-4}) = 1{,}7 \cdot 10^{-2}\ \Omega$

e Lengte wordt 10× zo groot als in vraag d. Oppervlakte wordt 100× zo klein als in vraag d. De weerstand wordt 10 × 100 = 1000× zo groot als in vraag d, dus 17 Ω. Je kunt ook de formule invullen.

B 44

a $R = \rho \cdot \dfrac{l}{A} = 105 \cdot 10^{-9} \times 3{,}2 / 0{,}12 \cdot 10^{-6} = 2{,}8\ \Omega$

b $R = \rho \cdot \dfrac{l}{A} \rightarrow \rho \cdot \dfrac{l}{A} = R \rightarrow \rho \cdot l = R \cdot A \rightarrow$

$$l = \frac{R \cdot A}{\rho} = \frac{3{,}2 \times \pi \times (0{,}06 \cdot 10^{-3})^2}{1{,}10 \cdot 10^{-6}} = 3{,}3 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$$

c $R = \rho \cdot \dfrac{l}{A} \rightarrow$

$R \cdot A = \rho \cdot l \rightarrow$

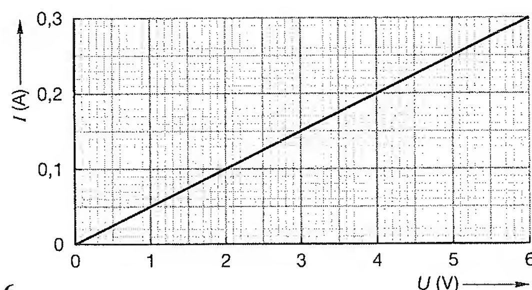
$A = \dfrac{\rho \cdot l}{R} = 16 \cdot 10^{-9} \times 0{,}80 / 20 \cdot 10^{-3} = 6{,}4 \cdot 10^{-7}\ \text{m}^2$

$r^2 = A / \pi = 6{,}4 \cdot 10^{-7} / \pi = 2{,}04 \cdot 10^{-7} \rightarrow r = 4{,}51 \cdot 10^{-4}$ m

$d = 2 \cdot r = 2 \times 4{,}51 \cdot 10^{-4} = 9{,}0 \cdot 10^{-4}$ m

B 45

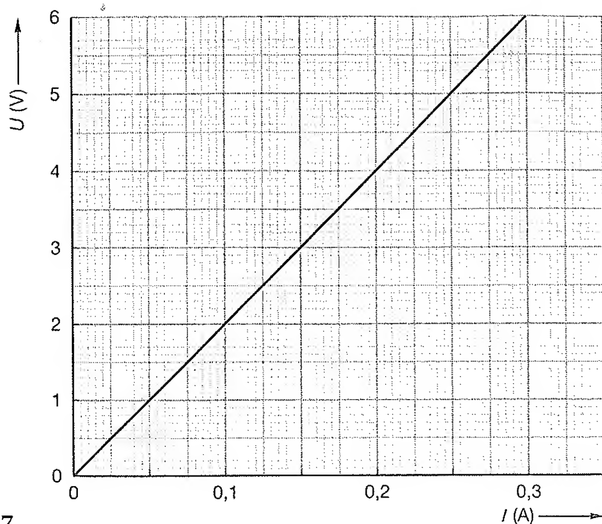
a Grafiek is een rechte lijn. Daarvoor zijn twee punten nodig, waarvan de oorsprong er één is. Ander punt is bijvoorbeeld (5,0 V; 0,25 A), want bij 5,0 V is $I = U / R = 5{,}0 / 20 = 0{,}25$ A. De I staat bij de verticale as en de U bij de horizontale as. Zie figuur 2.6.



2.6

b Steilheid = 0,25 / 5,0 = 0,050 A/V

c Zie a. De I staat alleen nu bij de horizontale as en de U bij de verticale as. Zie figuur 2.7.



2.7

d Steilheid = 5,0 / 0,25 = 20 V/A (= 20 Ω)

e Alleen bij een ohmse weerstand en bij een U,I-diagram.

B 46

a $r = d / 2 = 0{,}18 / 2 = 0{,}09$ mm; $A = \pi \cdot r^2 = 0{,}0254\ \text{mm}^2 = 2{,}54 \cdot 10^{-8}\ \text{m}^2$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = 17 \cdot 10^{-9} \times 0{,}60 / 2{,}54 \cdot 10^{-8} = 0{,}40\ \Omega$$

b Vaak is de weerstand van de component veel groter dan de weerstand van de *twee* aansluitsnoeren.

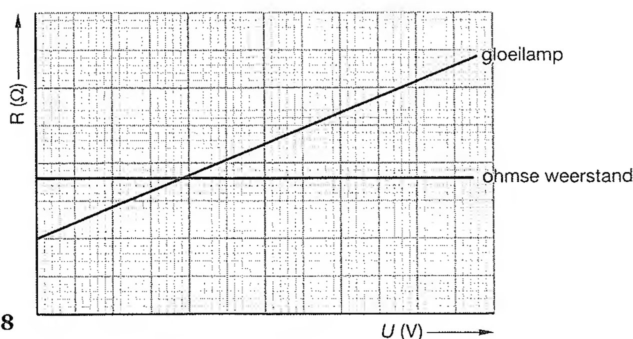
c $V = A \cdot l = 2{,}54 \cdot 10^{-8} \times 0{,}60 = 1{,}524 \cdot 10^{-8}\ \text{m}^3$
$m = \rho \cdot V = 8{,}96 \cdot 10^3 \times 1{,}524 \cdot 10^{-8} = 1{,}4 \cdot 10^{-4}$ kg

B 47

a Als de spanning toeneemt, zal ook de stroomsterkte toenemen.

b Een gloeidraad is van het metaal wolfraam gemaakt. Een grotere stroomsterkte betekent een hogere temperatuur en dus een grotere soortelijke weerstand.
Als de spanning groter wordt, neemt de weerstand van de gloeidraad toe.

c Voor een ohmse weerstand is de grafiek in het diagram een horizontale rechte; een gloeilampje geeft een stijgende lijn te zien. Zie figuur 2.8.



2.8

C 48

a,b

Oplosschema

▸ **Gegevens ordenen**
$l = 70$ cm, diameter $d = 0{,}50$ mm
$U = 3{,}0$ V, $I = 8{,}0$ A

▸ **Gevraagd**
Soortelijke weerstand en materiaal.

▸ **Benodigde formule(s) opschrijven**

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \rightarrow$$

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \text{ en}$$

$R = U / I$

▸ **Benodigde gegevens bepalen**
$r = ½ \cdot d = 0{,}25 \cdot 10^{-3}$ m
$A = \pi \cdot r^2 = \pi \times (0{,}25 \cdot 10^{-3})^2 = 1{,}96 \cdot 10^{-7}\ \text{m}^2$

▸ **Gegevens invullen in de formule en de onbekende uitrekenen**
$R = U / I = 3{,}0 / 8{,}0 = 0{,}375\ \Omega$

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} = (0{,}375 \times 1{,}96 \cdot 10^{-7}) / 0{,}70 = 1{,}1 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$$

▸ **Vragen beantwoorden**
$\rho = 1{,}1 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot$ m
Kijk in (▸binas) tabel 8: platina en ijzer hebben een overeenkomstige ρ; platina is onwaarschijnlijk (erg kostbaar); dus het zal wel ijzer zijn.

▸ **Uitkomst controleren**
Orde van grootte klopt.
Grootheid = getal × eenheid.
Kleinste aantal significante cijfers: twee.

c Lengte wordt de helft; de doorsnede wordt verdubbeld. De weerstand wordt 4× zo groot, de stroomsterkte 4× zo klein: $I = 2{,}0$ A

C 49

Laat je werk eerst aan iemand anders lezen. Controleer of natuurkunde en samenleving genoemd zijn.

R 50

a Een aantal evenwijdige draden die aan de linker- en rechterkant met elkaar verbonden zijn.

b Bijvoorbeeld: de hele verwarming doet het niet meer óf de andere draden branden door óf de andere draden worden gewoon warm.

2.6 Serie en parallel

A 51

(Plaats)vervanger

A 52

De lampjes van de kerstkandelaar zijn in serie geschakeld. Als één lampje kapotgaat, wordt de stroomkring onderbroken. Bij de parallel geschakelde lampen van de feestverlichting beïnvloedt het kapotgaan van één lamp de andere lampen niet. Het zijn allemaal aparte stroomkringen.

R 53

Een voorbeeld:

Serieschakeling	Parallelschakeling
De stroom is door alle componenten even groot.	Over elke component staat dezelfde spanning.
$I_{tot} = I_1 = I_2$	$U_{tot} = U_1 = U_2$
De spanning van de bron wordt over de componenten verdeeld.	De stroom vanuit de bron verdeelt zich over de verschillende componenten.
$U_{tot} = U_1 + U_2$	$I_{tot} = I_1 + I_2$
$R_v = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$	$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$

A 54

a $R_v = 470 + 470 = 940\ \Omega$
b $R_v = 4{,}7 + 5{,}6 + 8{,}2 = 18{,}5\ \Omega$
c $R_v = 30 + 30 + 30 + 30 = 4 \times 30 = 120\ \Omega$

A 55

a $1 / R_v = 1 / 470 + 1 / 470 = 2 / 470 = 1 / 235 \rightarrow R_v = 235\ \Omega$
b $1 / R_v = 1 / 4{,}7 + 1 / 5{,}6 + 1 / 8{,}2 = 0{,}513 \rightarrow R_v = 1{,}9\ \Omega$
c $1 / R_v = 4 \times 1/30 = 1 / 7{,}5 \rightarrow R_v = 7{,}5\ \Omega$

B 56

a

Oplosschema

- **Gegevens ordenen**
  Zeven lampen parallel geschakeld op het stopcontact
  Weerstand per lamp: $R = 1{,}5$ kΩ
- **Analyse en benodigde formule(s) opschrijven**
  Spanning stopcontact: $U = 230$ V, dat is de spanning over elke lamp.
  Formule voor het vermogen: $P = U \cdot I$
  Formule voor stroomsterkte: $I = U / R$
- **Gegevens invullen in de formule en de onbekende uitrekenen**
  $P = 230 \cdot I \rightarrow I = 230 / 1{,}5 \cdot 10^3 = 0{,}153\ \text{A} \rightarrow$
  $P = 230 \times 0{,}153 = 35{,}3$ W
- **Vraag beantwoorden**
  $P_{1\,lamp} = 35$ W
- **Uitkomst controleren**
  Orde van grootte klopt; het aantal significante cijfers klopt; eenheid klopt.

b Niets, want de spanning over elke lamp blijft gelijk.
c Er ontstaat kortsluiting, waardoor de stroomsterkte zo groot wordt dat de zekering smelt.

B 57

a $R = U / I = 12{,}0 / 4{,}2 = 2{,}9\ \Omega$
b Er is sprake van een parallelschakeling, de draden lopen evenwijdig aan elkaar en zijn aan de uiteinden met elkaar verbonden.
c $R = U / I = 12{,}0 / (4{,}2 / 9) = 26\ \Omega$
d $E = U \cdot I \cdot t = 12 \times 0{,}476 \times 1 = 5{,}6$ J
e Nee, over elke draad blijft 12 V staan. Dus door elke draad blijft dezelfde stroom van 0,48 A lopen.

B 58

a $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{1{,}0} + \frac{1}{2{,}0} + \frac{1}{3{,}0} + \frac{1}{4{,}0} = 2{,}08 \rightarrow R_v = 0{,}48\ \Omega$
b $R_{tot} = 0{,}48 + 1{,}5 + 2{,}5 = 4{,}48\ \Omega$
$I_{tot} = U_{tot} / R_{tot} = 4{,}5 / 4{,}48 = 1{,}0$ A
c Door de weerstand van 1,5 Ω gaat de hoofdstroom:
$U = I \cdot R = 1{,}0 \times 1{,}5 = 1{,}5$ V
d De spanning over de weerstand van 3,0 Ω is even groot als de spanning over de vervangingsweerstand van de parallel geschakelde weerstanden.
Die is $U = I \cdot R = 1{,}0 \times 0{,}48 = 0{,}48$ V
Door de weerstand van 3,0 Ω gaat
$I = U / R = 0{,}48 / 3{,}0 = 0{,}16$ A

C 59

a De omgezette elektrische energie van de stroommeter is dan verwaarloosbaar klein.
b $P = U \cdot I \rightarrow I = P / U = 6{,}0 / 12{,}0 = 0{,}50$ A
c $I = U / R_{tot} = 12{,}0 / (9995 + 1) = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 1{,}2$ mA
d Tweemaal zo groot, dus 2,4 mA.
e De uitslag van de meter (in mA) geeft, vermenigvuldigd met 10, de spanning over het lampje (in V).
Dus $10 \cdot I$ (in mA) = U_L (in V)
f Bereik 5 mA $\rightarrow$ maximaal $5{,}0 \cdot 10^{-3} \times (9995 + 1{,}0) =$ 50V ($R_{serie} \approx 10$ k Ω)
(Bedenk dat $I_{meter} = 12\ \text{V} / (9995 + 1{,}0) \approx 120$ mA)

R 60

Kijk op de (▸site).

2.7 Halfgeleider-componenten

A 61

Positieve temperatuurcoëfficiënt: de weerstand neemt toe bij stijgende temperatuur.

B 62

a Het rechterdeel
b $R = U / I = -2{,}0 / (-5{,}0 \cdot 10^{-9}) = 4{,}0 \cdot 10^8\ \Omega$; R is dus erg groot.
c Geschatte I: 1000 A. Dus $R = U / I = 1 / 1000 = 1$ mΩ of minder. R is dus erg klein.

d De weerstand in sperrichting is oneindig groot.
e De weerstand in doorlaatrichting is verwaarloosbaar klein.

B 63

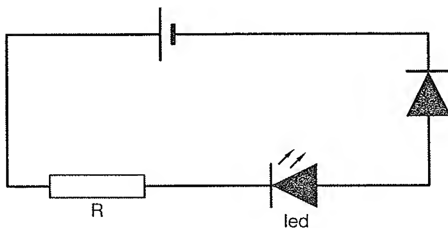
De weerstand bij 3,2 V is $R = U / I = 3{,}2 / 0{,}080 = 40\ \Omega$. Bij een verlaging van de spanning neemt de stroomsterkte af. Er wordt minder warmte ontwikkeld en de temperatuur daalt. De NTC-weerstand wordt groter dan 40 Ω. De stroomsterkte is dan kleiner dan 1,6 / 40 = 0,040 A. De stroomsterkte is kleiner dan 40 mA.

B 64

De waarde van de ohmse weerstand hangt niet af van de temperatuur, de waarde van de NTC-weerstand wordt kleiner bij hogere temperatuur. Dat betekent een grotere stroomsterkte in de kring, ook door het lampje. Dus het lampje in figuur a zal feller gaan branden.

B 65

a De stroom loopt in de doorlaatrichting, dus het lampje brandt.
b In de doorlaatrichting heeft een diode een heel kleine weerstand.
c Zie figuur 2.9.



2.9

d Diode én batterij omdraaien of alléén de led omdraaien.
e In het geval dat beide soorten diodes in doorlaatrichting zijn geschakeld, is er sprake van kortsluiting als er geen ohmse weerstand zou zijn.

C 66

a Gemeten wordt de spanning over de spanningsbron: 4,5 V.
b De spanning over de LDR is ook nu weer even groot als de spanning van de bron: 4,5 V.
c $R = U / I$; serieschakeling: $U = 4{,}5 - 4{,}1 = 0{,}4$ V
$I = 4{,}1 / (10 \cdot 10^3) = 4{,}1 \cdot 10^{-4}$ A
$R = 0{,}4 / (4{,}1 \cdot 10^{-4}) = 1\ \text{k}\Omega$
d Door de serieweerstand (1 kΩ) en de LDR (10 MΩ) gaat dezelfde stroom. Wegens $U = I \cdot R$ ontstaat over de LDR de grootste spanning. Het is een serieschakeling, dus over de serieweerstand staat ongeveer 0 V.

C 67

a De aansluitingen van de meter moeten ook verwisseld worden.
b Een diode laat de stroom in de doorlaatrichting wel door en in de sperrichting niet.
c De stroom loopt via A naar Q, dan door de weerstand R naar P om via B naar de negatieve pool te gaan. Dus de stroom loopt van Q naar P.
d Je meet een spanning van 6 V tussen Q en P, omdat de weerstand van de diodes te verwaarlozen is.
e De stroom loopt dan via B naar Q, dan door de weerstand R naar P om via A naar de nieuwe negatieve pool te gaan. Dus de stroom loopt ook hier van Q naar P.
f Ook nu meet je 6 V.
g In deze situatie hoef je niets met de aansluitpunten van de spanningsmeter te doen als je de polen omwisselt.

2.8 Spanningsdeling

A 68

Zie binas tabel 16F.

A 69

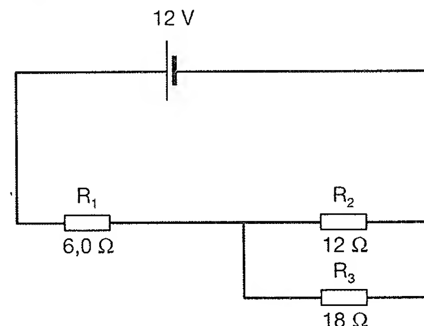
Verbind in een schakeling de punten A en B in serie met een component of spanningsbron.

A 70

a Tussen 0 Ω en 30 Ω
b Bij minimale weerstand (0 Ω) treedt kortsluiting op.
c De spanning over het lampje is even groot als de spanning van de bron.
d Een deel van de spanning van de bron staat over de serieweerstand. De spanning over het lampje neemt af.
e Een lichtdimmer

B 71

a Zie figuur 2.10.

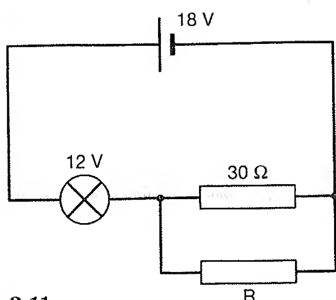


2.10

b Vervangingsweerstand parallelschakeling:
$1 / R_{par} = 1 / R_2 + 1 / R_3 = 1 / 12 + 1 / 18 \rightarrow R_{par} = 7{,}2\ \Omega$
Totale vervangingsweerstand: $R_{tot} = 6{,}0 + 7{,}2 = 13{,}2\ \Omega$
Hoofdstroom $I_{tot} = 12 / 13{,}2 = 0{,}91$ A
$I_1 = I_{tot} = 0{,}91$ A
$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 0{,}9091 \times 6{,}0 = 5{,}455$ V
$U_2 = 12 - U_1 = 6{,}545$ V; $U_3 = U_2 = 6{,}545$ V
$I_2 = U_2 / R_2 = 6{,}545 / 12 = 0{,}55$ A
$I_3 = U_3 / R_3 = 6{,}545 / 18 = 0{,}36$ A of
$I_3 = I_{tot} - I_2 = 0{,}9091 - 0{,}5455 = 0{,}36$ A

B 72

Zie figuur 2.11.



2.11

Analyse: R vind je met U / I.
De spanning over R is de spanning over de weerstand van 30 Ω. De stroomsterkte door R is samen met de stroomsterkte door de weerstand van 30 Ω gelijk aan de stroomsterkte door het lampje. Deze laatste stroomsterkte vind je uit $P = U \cdot I$.
De spanning over $R = 18{,}0 - 12{,}0 = 6{,}0$ V
De stroomsterkte door de weerstand van 30 Ω is
$I = U / R = 6{,}0 / 30 = 0{,}20$ A
Door het lampje stroomt $I = P / U = 6{,}0 / 12 = 0{,}50$ A
Voor de stroom door R blijft over: $I = 0{,}50 - 0{,}20 = 0{,}30$ A
$R = U / I = 6{,}0 / 0{,}30 = 20$ Ω

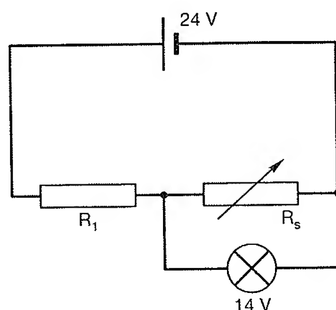
B 73

a

Oplosschema

▸ **Gegevens ordenen**
$U_{bron} = 24$ V; $P_{lampje} = 4{,}0$ W; $U_{lampje} = 14$ V
$R_1 = 6{,}6$ Ω.

▸ **Analyse en benodigde formules opschrijven**
Schema tekenen, zie figuur 2.12; het gaat om een gemengde schakeling. In het parallelle gedeelte komen de stromen bij elkaar en vormen de hoofdstroom door R_1.



2.12

$U_L = U_s$ en $U_L + U_1 = 24$ V
$P_L = U_L \cdot I_L$; $I_1 = U_1 / R_1$; $I_1 = I_L + I_s$
$R_s = U_s / I_s$

▸ **Gegevens invullen in de formule en de onbekende uitrekenen**
$I_L = 4 / 14 = 0{,}286$ A; $I_1 = 10 / 6{,}6 = 1{,}515$ A
$I_s = 1{,}515 - 0{,}286 = 1{,}229$ A
$R_s = 14 / 1{,}229 = 11{,}39$ Ω

▸ **Vraag beantwoorden**
$R_s = 11$ Ω

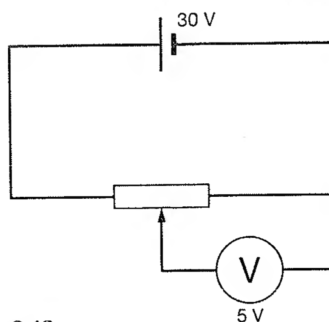
▸ **Uitkomst controleren**
De orde van grootte klopt; het aantal cijfers is twee; de eenheid is Ω.

b De bedoeling is dat de extra weerstand R_2 samen met de schuifweerstand weer een weerstand vormt, die even groot is als je in vraag a hebt berekend. De schuifweerstand is kleiner geworden. Door een weerstand in serie met de schuifweerstand kun je weer een grotere waarde krijgen.

c R_2 moet het verlies van de schuifweerstand compenseren:
$R_2 = 11{,}4 - 4{,}8 = 6{,}6$ Ω

B 74

Zie figuur 2.13.



2.13

C 75

a Serieschakeling, dus de spanning verdeelt zich. Omdat de weerstand van de lampjes A en B gelijk zijn, verdeelt de spanning zich ook gelijk;
$R = U / I = 6{,}0 / 0{,}32 = 19$ Ω

b Als S gesloten wordt, komt er een parallel geschakelde weerstand bij. De vervangingsweerstand van B en C is altijd kleiner dan die van B. De totale weerstand, van A, B en C samen, neemt dan af. Volgens de formule van Ohm is de hoofdstroom groter. Deze gaat door lampje A. De spanning over A wordt groter, dus die over B kleiner. Dus A gaat feller gloeien.

c Uit diagram: $I_A = 0{,}38$ A bij 8,0 V. B en C zijn parallel geschakeld. De stroomsterkte zal zich verdelen. Door ieder van de gelijke lampjes B en C gaat 0,19 A.
Volgens het diagram staat over B en C een spanning van 3,1 V. De totale spanning is $8{,}0 + 3{,}1 = 11{,}1$ V.
De hoofdstroom bedraagt 0,38 A →
$P = U \cdot I = 11{,}1 \times 0{,}38 = 4{,}2$ W

2.9 Veiligheid

R 76

Vergelijk eens met je buurman of -vrouw. Pas eventueel allebei je samenvatting aan.

A 77

Het stopcontact is een wisselspanningsbron. In de ene 0,01 s is het ene aansluitpunt de 'plus' ten opzichte van de andere, de 'nul'. De volgende tijdsduur is dit aansluitpunt de 'min' ten opzichte van de 'nul'. Dus het heeft dus geen zin om er een 'plus' of een 'min' bij te zetten.

A 78

Bewering 3 is juist.

A 79

a De lading stroomt als er een gesloten kring bestaat. De kring is niet gesloten, dus er is geen stroom.

b Juist is te zeggen dat het apparaat onder spanning staat. Het apparaat is verbonden met de fase van het stopcontact.

C 80

a 50 keer per seconde herhaalt de elektrische trilling zich.

b $T = 1 / f = 1 / 50 = 0{,}020$ s

c Elke seconde gaat de stroom 50× de ene en 50× de andere kant op. De stroom wisselt dus 100× per seconde van richting. Vergelijk met een slinger: als $f = 1$ Hz, dan gaat de slinger een keer heen én weer per seconde → dus tweemaal per seconde keert de bewegingsrichting van de slinger om.

B 81

De twee (bij geaarde stekker drie) koperdraden zijn omgeven door een laagje plastic. Deze plastic draden zijn op hun beurt weer omgeven door een tweede, dik plastic snoer.

B 82

a $I = U / R = 230 / 45 \cdot 10^3 = 5{,}1 \cdot 10^{-3}$ A

b Pijnlijk prikkelend gevoel

B 83

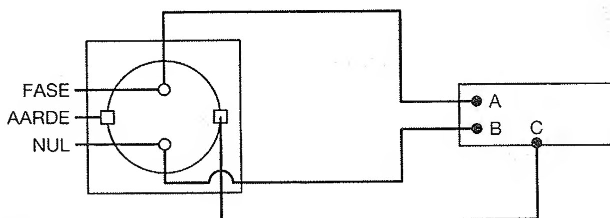
De soortelijke weerstand van aluminium is groter dan die van zilver. Een grote stroomsterkte kan ongemerkt optreden. De daarbij ontwikkelde warmte kan ervoor zorgen dat de isolerende plastic draden smelten. Er kan brand ontstaan.

B 84

De buitenkant van een televisietoestel is van isolerend materiaal gemaakt, de kast van een tosti-apparaat is van metaal.

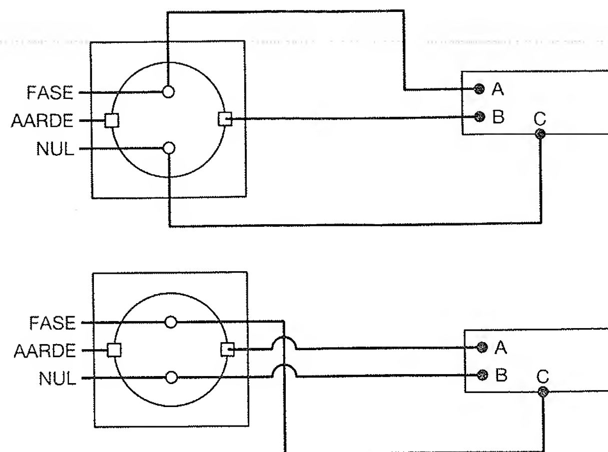
C 85

a De aardedraad met de randaarde van het stopcontact, en de draden A en B ieder met een pool van het stopcontact. Zie figuur 2.14.



2.14

b De aardedraad kan met de fase of met de nul van het stopcontact verbonden zijn. Zie figuur 2.15.



2.15

c Als de aardedraad met de nuldraad verbonden is.

d Als de aardedraad met de fasedraad verbonden is, staat de kast van de pc onder spanning.

e Ook dan kan de aardedraad met de fasedraad verbonden zijn. De kast staat dan ook onder spanning. Je kunt dus ook ongelukken krijgen als je de stekker verbindt met een geaard stopcontact.

B 86

Kijk op de ▸site.

B 87

Kijk op de ▸site.

R 88

Kijk op de ▸site.

03 Automatische systemen

3.1 Inleiding

A 1

De groene golf bij verkeerslichten of verkeerslichtenregeling, afhankelijk van verkeersaanbod
Een wasmachine (of afwasmachine)
Het monteren, lassen van auto's door robots (of een flessen-vul- en -sluitmachine)

B 2

Volautomaat: het gehele wasprogramma inclusief centrifugeren wordt achtereenvolgens afgewerkt; halfautomaat: een aantal dingen moet de gebruiker zelf instellen en meestal is er een aparte centrifuge.

B 3

a Hoe komt een vliegtuig zonder piloot veilig op de grond?
b Hoe komt het landingsgestel op tijd naar beneden? Wat gebeurt er als een passagier de cockpit binnenkomt? Wat gebeurt er bij noodweer?
c De menselijke factor zal een rol spelen. Het vertrouwen van passagiers op alleen machines, hoe technisch en knap ook, zal te klein zijn.

B 4

a Bij gebruik van een schakelaar die op verschillen in lichtsterkte reageert, past de straatverlichting zich automatisch aan de seizoenen aan, aan zomer- of wintertijd, aan duisternis overdag, aan de zonsopgang en -ondergang.
b Alle lampen blijven 's nachts branden ook al is er niemand meer op straat en zou de helft bijvoorbeeld uit kunnen.

B 5

Kijk op de ▸site.

3.2 Blokschema's

A 6

Een reeks handelingen die tot een bepaald resultaat leidt.

A 7

Bij hardlopen versnelt automatisch de hartslag, zodat je meer zuurstof toegevoerd krijgt.
Bij inspanning gaat automatisch je ademhaling sneller.
Als je van het licht in het donker komt, zal automatisch de pupil van je oog zich verwijden.
Als je het koud krijgt, ga je automatisch rillen.
Als je het warm krijgt, ga je automatisch transpireren.

B 8

a De mens hoeft zelf niet in te grijpen als de stroomsterkte te hoog is. De dunne draad in de 'stop' zal zo warm worden, dat deze smelt. De stroomtoevoer wordt dan automatisch onderbroken.
b Het gegeven is de stroomsterkte. Deze wordt vergeleken met de stroomsterkte waarbij het draadje smelt.

B 9

Je ingevoerde pincode wordt vergeleken met de pincode die bij jouw pas hoort (via een ingewikkelde, niet te kraken wiskundige bewerking). Er vindt een controle plaats van het saldo. De juiste hoeveelheid geld wordt geteld. De pas en het geld worden naar buiten gebracht.

A 10

a Het omzetten van een natuurkundige grootheid in een spanning
b Het vergelijken, controleren en doorgeven van informatie aan een andere verwerker of aan het uitvoerblok
c Het wel of niet uitvoeren van een bepaalde taak

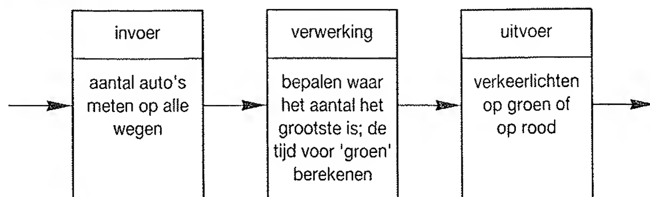
B 11

a Tuner, versterker, equalizer, grammofoon, cassettespeler, cd-romspeler, boxen
b Processor, toetsenbord, muis, scherm, dvd-speler, cd-rom
c Allerlei meetapparatuur: hoogte, brandstof, positie; besturingssysteem, klimaatcontrole
d Sensor op spoorrail, knipperlicht, bomen

A 12

Omdat je daarmee het proces in deelstappen uit elkaar kunt rafelen, zonder de precieze details van de schakelingen en apparatuur te hoeven kennen

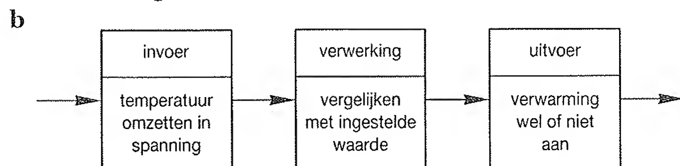
B 13



B 14

a Je stelt de temperatuur in. De thermostaat meet de temperatuur in de kamer en vergelijkt deze met de ingestelde waarde. Is deze ingestelde waarde hoger, dan gaat de verwarming aan. Bij een lagere ingestelde waarde blijft de verwarming uit.

b



c Thermometer, vergelijker, schakelaar (verwarming aan/uit)

d In de thermostaat zit een temperatuurgevoelig deel (bijvoorbeeld een NTC). Bij een bepaalde, in te stellen waarde wordt de verwarming geschakeld.

A 15

-

C 16

a Energiegever: de spanning geeft aan hoeveel elektrische energie per coulomb lading wordt meegeven. Deze wordt in de huishoudens in andere soorten omgezet.

b Vergelijken met de spanning die overeenkomt met een bepaalde (minimale of maximale) waterhoogte.

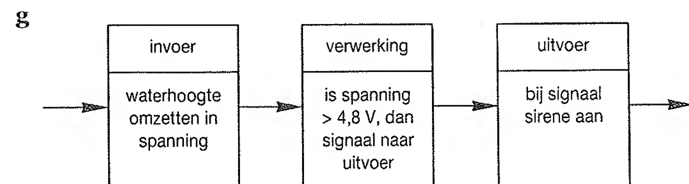
c Signaal. Het gaat niet om de elektrische energie, maar om een fysische grootheid die door die spanning wordt voorgesteld.

d Informatie: het betekent dat de waterhoogte onder de minimale waarde is gekomen, zodat er actie moet worden ondernomen.

e De waterhoogte bedraagt dan 50 m. De spanning is recht evenredig met de waterhoogte. Voor de sensorspanning geldt: $U = (50/80) \times 2{,}2 = 1{,}4$ V.

f De waterhoogte bedraagt dan 176 m. De spanning is recht evenredig met de waterhoogte. De sensorspanning $U = (176/80) \times 2{,}2 = 4{,}8$ V.

g



3.3 Sensoren

A 17

a Het omzetten van de grootheden temperatuur, verlichtingssterkte, positie(hoek) en druk in een elektrisch signaal

b Geluidssterkte, kracht, warmte(straling), vochtigheid

A 18

a Het op temperatuur houden van een kas waarin tropische planten gekweekt worden

b Een voordeurlamp die automatisch aangaat als het donker wordt, en die uitgaat bij zonsopgang

c Een opstelling waarmee je de plaats van een stuiterende bal op elk tijdstip kunt bepalen

d Een voorziening in de auto die de druk in de banden van de zwaar beladen caravan in de gaten houdt

B 19

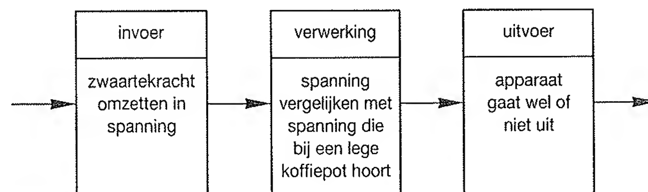
Deze temperatuursensor is niet lineair, niet gevoelig, niet nauwkeurig en heeft een beperkt bereik (van 0 °C tot ca. 60 °C).

B 20

a Krachtsensor

b Onder het warmhoudplaatje monteren

c

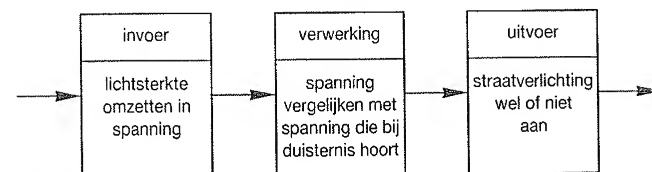


B 21

a De nauwkeurigheid geeft aan hoeveel de natuurkundige grootheid kan afwijken van de door de sensor afgegeven waarde. De gevoeligheid geeft aan hoeveel de spanning verandert als de natuurkundige grootheid varieert.

b 110 lux – 650 lux

c In het gebied van −20 °C tot +20 °C is de gevoeligheid 0,50/40 = 0,013 V/°C.
In het gebied van +20 °C tot 120 °C is de gevoeligheid 3,0/100 = 0,030 V/°C



B 22

A 23

U,*T*-diagram met twee schuine, rechte lijnen A en B. *U* is verticaal uitgezet, de temperatuur *T* horizontaal. Lijn B is steiler en bestrijkt een groter deel van de horizontale as.

B 24

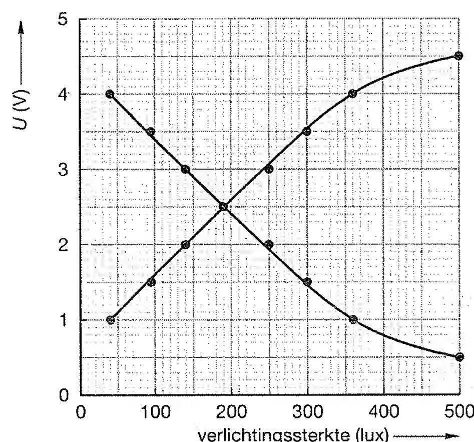
Je hoort iets!

C 25

a Bij belichten neemt R_{LDR} af. In een serieschakeling staat over de kleinste weerstand de kleinste spanning. Dus U_{LDR} neemt bij belichten ook af.
b Bij een grotere verlichtingssterkte neemt de spanning over de LDR af, die over de ohmse weerstand neemt toe. Door die spanning te meten, krijg je een sensor die een hogere spanning geeft bij meer licht.
c IJkkromme lichtsensor is spanning, verlichtingssterkte-diagram. De LDR is een component in de sensorschakeling.
d 2,5 V over R → ook 2,5 V over de LDR. Spanning is gelijk verdeeld. Dus weerstanden zijn gelijk. R_{LDR} = 20 kΩ.
e 200 lux
f

U_{ohm} (V)	U_{LDR} (V)	R_{LDR} (kΩ)	verlichtingssterkte (lux)
1,0	4,0	80	40
1,5	3,5	47	95
2,0	3,0	30	140
2,5	2,5	20	190
3,0	2,0	13	250
3,5	1,5	8,6	300
4,0	1,0	5,0	360
4,5	0,5	2,2	500

g Zie laatste kolom tabel.
h Zie figuur 3.1.



3.1

3.4 Schakelen

A 26

a Je hoort de relais tikken als ze dichtgaan.
b De relais openen en sluiten de stroomkringen van de afzonderlijke lampen in de verkeerslichten.

R 27

Bij deze vraag is geen goed of fout antwoord te geven. Het is wel belangrijk dat je af en toe nadenkt over wat voor jou de beste manier is om je de stof eigen te maken. Dat is reflecteren.

A 28

a Continu signaal: een signaal dat alle mogelijke waarden aan kan nemen; vaak wel tot een bepaald maximum. Discreet signaal: een signaal dat een beperkt aantal waarden aan kan nemen. Dat kunnen er best veel zijn.
b 'Hoog' betekent 4 à 5 V; 'laag' wil zeggen 0 à 0,1 V.
c '0' betekent een laag signaal. '1' wil zeggen dat het om een hoog signaal gaat.
d Een discreet uitgangssignaal dat maar twee mogelijke waarden heeft.

B 29

a Continu signaal
b Discreet signaal
c Continu signaal
d Discreet signaal

B 30

a Een comparator is goedkoop. Een comparator neemt weinig ruimte in.
b Hij is niet te repareren als hij kapotgaat.
c Je hoeft hem niet met de hand te bedienen.

B 31

De ingang van een invertor moet discreet zijn, dus hoog of laag. De uitgang van een sensor geeft een continu signaal. Bij de meeste sensorspanningen is het niet duidelijk of het om een hoog of een laag signaal gaat.

B 32

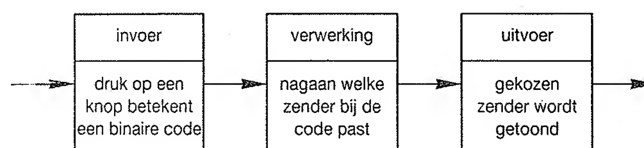
Geluidssensor; comparator; relais met lamp

B 33

Lichtsensor; comparator en invertor; relais in stroomkring met gloeilamp.

B 34

a



b Discreet

C 35

a 0,70 V
b Hij schakelt maar bij één spanning en geeft dan een laag signaal.
c Het schema bestaat uit een variabele spanningsbron waarvan de uitgang verbonden is met de ingang van een comparator. De referentiespanning is ingesteld op 0,70 V. De uitgang van de comparator is verbonden met de ingang van een invertor. De uitgang van de invertor is verbonden met een signaallampje (led).
d Je kunt in het systeem de transistorschakeling wel gebruiken, maar het waarschuwt pas als de temperatuur van de kelder lager is dan 3 °C. Een invertor heb je dan niet nodig.

3.5 Nog meer verwerkers

A 36

Een *comparator* geeft een hoog signaal op de uitgang als de ingangsspanning hoger is dan de ingestelde referentiespanning; anders geeft hij een laag signaal.
Een *invertor* zet een 'laag' signaal ('0') om in een 'hoog' signaal ('1'), en omgekeerd.
Een *OF-poort* geeft een hoog signaal op de uitgang als minimaal een van de ingangen hoog is; anders geeft hij een laag signaal.
Een *EN-poort* geeft een hoog signaal op de uitgang als alle ingangen hoog zijn; anders geeft hij een laag signaal.
Een *geheugenelement* geeft een hoog signaal als de ingang van laag naar hoog verandert.
Een *teller* telt het aantal keren dat een signaal op zijn ingang van 'laag' naar 'hoog' gaat. Dat doet hij alleen als een andere ingang een 'hoog' signaal ontvangt.

A 37

a Discreet signaal
b Discreet signaal
c Discreet signaal

A 38

Een discreet ingangssignaal dat maar twee mogelijke waarden heeft

A 39

De resetknop zorgt ervoor dat de uitgang van een verwerker door de gebruiker op '0' (laag signaal) gezet kan worden.

A 40

Een verandering van een laag naar een hoog signaal op de ingang 'tel pulsen' zorgt voor een volgend cijfer op de teller.
Alleen als de ingang 'tellen aan/uit' hoog is, kan de teller tellen.
Bij een hoog signaal op de 'reset'-ingang wordt de teller weer op nul gezet.

B 41

a

S_1	S_2	S_{OF1}	S_3	S_4
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

b

S_1	S_2	S_3	$S_{EN\text{-}boven}$	$S_{EN\text{-}onder}$	S_4
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

B 42

a Een temperatuursensor is met zijn uitgang verbonden met de ingang van een comparator. De uitgang van deze comparator is aangesloten op de 'set'-ingang van het geheugenelement. De uitgang van het geheugenelement is verbonden met een zoemer.
b Om de zoemer uit te zetten. Zonder de reset van het geheugenelement blijft de zoemer gaan, zelfs als de temperatuur lager is geworden.

B 43

0; 1; 2; 3

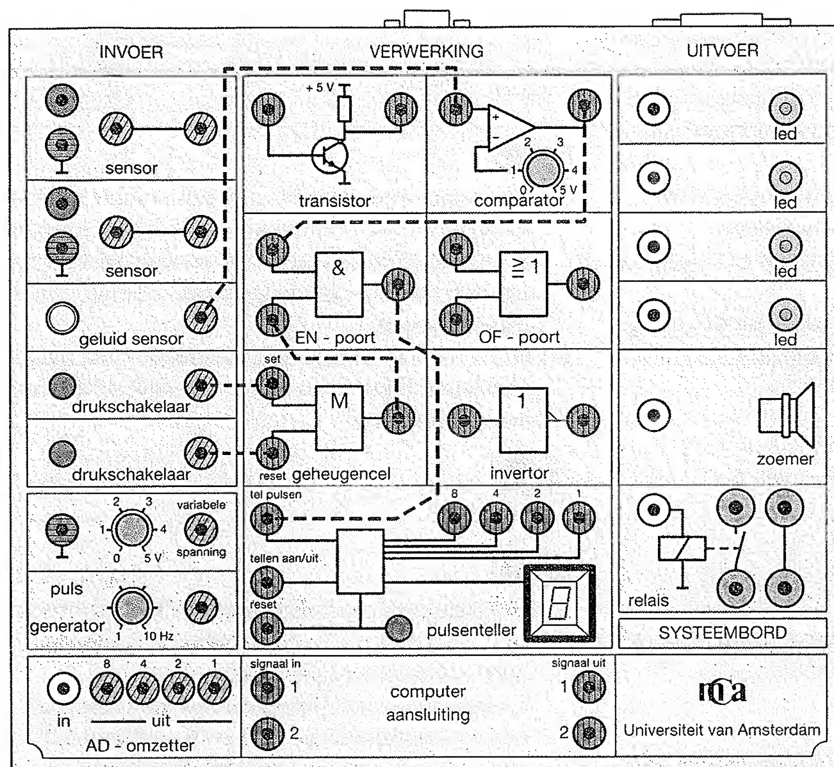
B 44

a De uitgang van een drukknop (5 V) is verbonden met de ingang 'tellen aan/uit' van de teller die op nul staat (eventueel 'reset' van de teller indrukken).
De uitgangen 1 en 2 (de meest rechtse uitgangen) zijn elk met een ingang van een EN-poort verbonden. De uitgang van de EN-poort is aangesloten op een led.
b Vervang in de vorige opstelling de drukknop door een geluidssensor en een comparator. Verbind de uitgang van de comparator met de ingang 'tellen aan/uit' van de teller die op nul staat (eventueel 'reset' van de teller indrukken).

B 45

Je hebt een geheugenelement nodig. Bij het verlaten van het huis gebruik je een drukknop die je verbindt met de 'set' van het geheugenelement.
Als je weer thuiskomt, moet je het systeem uitzetten. Dat kan door een drukknop te verbinden met de 'reset' van het geheugenelement.

Een geluidssensor verbind je met een comparator, ingesteld op de geluidssterkte van het belsignaal. Je moet én niet thuis zijn én de bel moet gaan. De uitgang van de comparator en de uitgang van het geheugenelement gaan dus naar de ingangen van een EN-poort. De uitgang van deze poort is verbonden met de ingang 'tel pulsen' van de teller. Zie figuur 3.2.



3.2

B 46

a Bij passeren zal de lichtsterkte veranderen en dus ook de spanning van de lichtsensor.

b $v_{gem,I}$ = 0,050 / (0,190 – 0,080) = 0,45 m/s

c $v_{gem,II}$ = 0,050 / (0,290 – 0,190) = 0,50 m/s

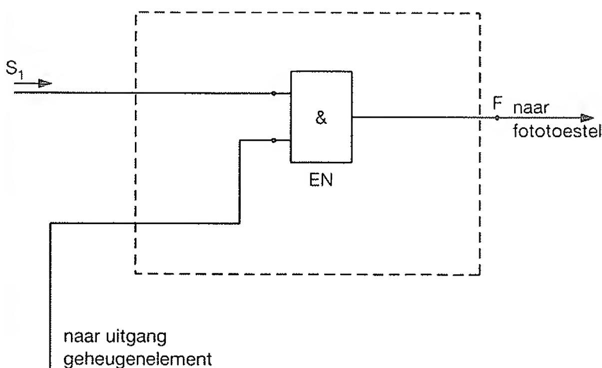
d Een gat plus blok erbij (IV en V)

e De kartonnen blokken smaller maken

C 47

a $v = \Delta x / \Delta t$ met Δx = 12 m en Δt = 32/89 s → v = 33,4 m/s → 33 m/s (v = 1,2×10² km/h)

b Zie figuur 3.3.



3.3

c De tijdsduur waarin de teller 32 pulsen telt, moet overeenkomen met een langere passeertijd van de auto. De frequentie moet dus lager zijn.

3.6 Analoog-digitaal-omzetting

A 48

a Bit komt van 'binary digit'. Het is iets wat slechts twee waarden kan aannemen.

b Weergave die met een binaire code tot stand is gekomen.

c Een omzetter met twee uitgangen.

d De kleinste verandering in de toegevoerde spanning die door de omzetter in een andere code omgezet wordt.

A 49

a Eén aansluitpunt

b 16 = 2^4 dus vier aansluitpunten

A 50

a 0 0 0

b 3,125 V tot 3,750 V

A 51

a Tijd op een slingeruurwerk, temperatuur op een vloeistofthermometer
b Tijd op een digitaal horloge
c De uitgangsspanning van een comparator, gemeten met een wijzermeter
d De uitgangsspanningen van een teller die met leds wordt aangegeven

B 52

a 1 0 1 1 1
b 22

B 53

a De maximale spanning wordt bij een 4-bitsomzetter verdeeld in 16 stappen, en bij een 3-bitsomzetter verdeeld in 8 stappen.
b Stapgrootte = 5,00 / 2^4 = 0,3125 V
2,30 / 0,3125 = 7,36; het is dus het gebiedje dat bij 7 (decimaal) hoort. Dat is binair 0 1 1 1.
c Stapgrootte = 5,00 / 2^4 = 0,3125 V
Binaire code = (8 + 0 + 2 + 0) = 10 decimaal
De spanningen tussen 10× en 11× de stapgrootte horen bij deze code: 3,13 V < U < 3,44 V

B 54

a 171 = 128 + 32 + 8 + 2 + 1 = $2^7 + 2^5 + 2^3 + 2^1 + 2^0$
antwoord: 1 0 1 0 1 0 1 1
b Zie figuur 3.4.

		?≥1 OF		?& EN	
A	B	C	D	C	D
0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0

3.4

Er moet gelden: 0 1 + 0 1 = 1 0.
Dit klopt voor de rechtertabel. Dus de poort met het vraagteken stelt een EN-poort voor.

B 55

a Deze omzetter zet een analoog signaal om in 2^{16} mogelijke binaire codes.
b Stapgrootte = spanning/aantal binaire signalen = 3,00 / 2^{16} = $4{,}6 \cdot 10^{-5}$ V
c $30 \times 60 \times 44{,}1 \cdot 10^3 \times 16 = 1{,}3 \cdot 10^9$ bits

3.7 Meet-, stuur- en regelsystemen

A 56

Een regelsysteem is een systeem dat ervoor zorgt dat een bepaalde grootheid zo dicht mogelijk bij een gewenste waarde blijft.

A 57

a Samenhangend geheel van onderdelen die elk een eigen functie hebben en elkaar gegevens doorgeven
b Onderdeel dat een bepaalde actie uitvoert
c Het verschijnsel dat de uitvoer zo van invloed is op de invoer, dat de afwijking van een gewenste waarde van de gemeten grootheid wordt verkleind
d Onderdeel dat een grootheid omzet in een spanning

A 58

	invoer	verwerking	uitvoer
meetsysteem	fysische grootheid	omzetting naar elektrisch signaal	tabel, diagram, scherm
stuursysteem	fysische grootheid	vergelijken, als … dan …	actuator
regelsysteem	fysische grootheid van uitvoer	vergelijken, als … dan …	actuator die invoer beïnvloedt

B 59

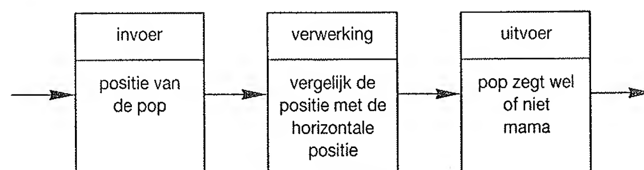
a In ▸binas tabel 30C staat dat windkracht 4 overeenkomt met een windsnelheid van 5,5 m/s tot 7,9 m/s.
b Het is een meetsysteem, omdat er een leesbare uitvoer van een natuurkundige grootheid is.

A 60

Hartslagmeter, weegschaal, thermometer

B 61

a



b Er is sprake van een stuursysteem omdat de actie (het 'mama' zeggen) geen invloed heeft op de invoergrootheid.

B 62

a



b Er is sprake van een regelsysteem, omdat er een bepaalde handeling verricht wordt die invloed heeft op de invoergrootheid.

C 63

a Het spanningsgebiedje dat door dezelfde binaire code wordt weergegeven

b De verandering van de fysische grootheid per volt

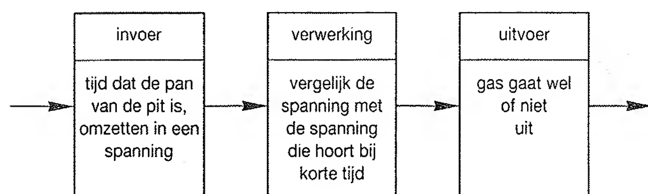
c Omdat bij een AD-omzetter het uitgangssignaal geldt voor een spanningsgebiedje ter grootte van de stapgrootte, weet je niet zeker welke spanning het voorstelt. Bij het bepalen van de gevoeligheid is de spanning dus niet nauwkeurig vast te stellen.

d De resolutie van het meetsysteem is de mogelijke afwijking in de te meten fysische grootheid. Deze is de stapgrootte van de AD-omzetter gedeeld door de gevoeligheid:
0,034 / 1,5 = 0,023 bar

B 64

a Het probleem dat men vergeet de gaspit uit te doen. Dat is gevaarlijk, kost geld en is een verspilling van energie.

b



c Er is sprake van een stuursysteem, omdat er geen uitlezing van een grootheid is en de actie geen invloed heeft op de invoergrootheid.

B 65

Kijk op de ▸site.

C 66

a Bij een temperatuur onder 37,5 °C gaat de verwarming aan, de temperatuur stijgt. Bij 37,5 °C gaat de verwarming uit, maar hij blijft nog even warmte afgeven, de lijn stijgt nog iets. Daarna daalt geleidelijk de temperatuur: de lijn daalt. Bij 37,5 °C gaat de verwarming aan, maar het duurt even voordat de couveuse op temperatuur is gekomen. De lijn daalt nog iets. In werkelijkheid zijn de scherpe hoeken wat meer afgerond.

b 13,5 / 70 = 0,19 °C/s of 4 / 22 = 0,18 °C/s

c De opgaande lijn stukken worden steiler en korter. De dalende lijnstukken blijven even steil.

R 67

Kijk op de ▸site.

04 Krachtwerkingen

4.1 Inleiding

A 1

a Kogelslingeren, kogelstoten, honk- en softbal, discuswerpen, judo, curling
b Biljarten, boksen, tennis en badminton, voetbal, golf

A 2

Snelheid veranderen, vormverandering, met andere krachten iets op zijn plaats houden of iets met constante snelheid laten bewegen.

A 3

a Afstand waarover de auto beweegt totdat hij stilstaat
b Op een natte weg is de remweg groter.
c Door de lage snelheid kan de remweg kort zijn.
d De remweg is groot vanwege de helling en de grote massa. Door de snelheid te verlagen, wordt de remweg kleiner.
e De snelheid van auto voor het remmen, massa van de auto, de grootte van de remkracht, het soort wegdek

A 4

De aanwijzing van de twee veerunsters is de helft van die van één veerunster. De krachten worden steeds groter.

A 5

Kijk op de site.

4.2 Krachten

A 6

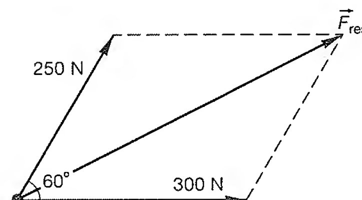
a Voorstelling van een voorwerp door een vierkantje met bepaalde massa
b Eén of meer voorwerpen die je samen als een geheel behandelt
c Kracht die dezelfde werking heeft als die twee krachten samen
d Het samenstellen van twee krachten tot een resultante met een parallellogram
e Alle krachten samen zijn nul.
f Grootheid met alleen een grootte
g Grootheid met een grootte én een richting

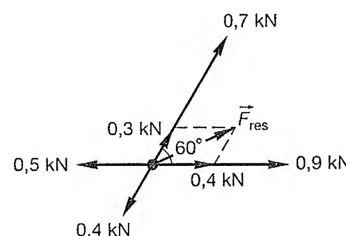
A 7

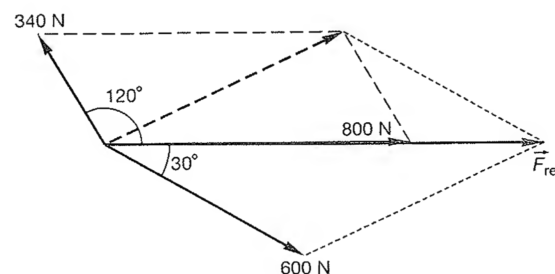
a Het aangrijpingspunt, de grootte en de richting
b Lengte, massa en temperatuur

B 8

Zie figuur 4.1a, b en c.





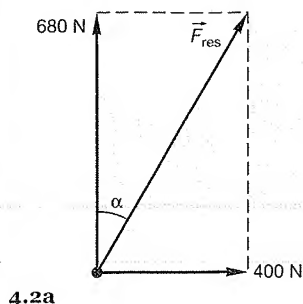


4.1abc

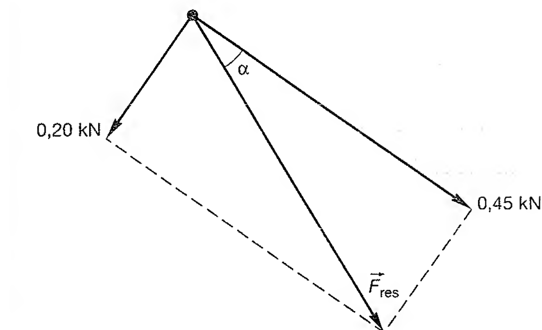
Opmeten:
480 N (figuur 4.1a), 0,6 kN (figuur 4.1b), 1,20 kN (figuur 4.1c)

B 9

a Zie figuur 4.2.



4.2a



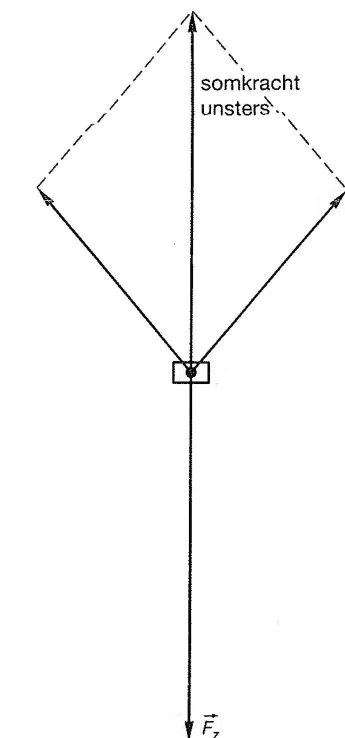
4.2b

b Berekening: $680^2 + 400^2 = F_{res}^2 \rightarrow F_{res} = 789$ N
$0{,}20^2 + 0{,}45^2 = F_{res}^2 \rightarrow F_{res} = 0{,}49$ kN

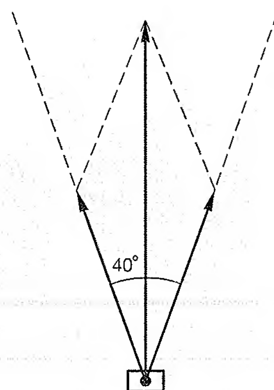
c Zie figuur 4.2a: $\tan \alpha = F_1/F_2 \rightarrow$
$\tan \alpha = 400/680 \rightarrow \alpha = 30°$
Zie figuur 4.2b: $\tan \alpha = F_1/F_2 \rightarrow$
$\tan \alpha = 0{,}20 \times 10^3 / 0{,}45 \cdot 10^3 \rightarrow \alpha = 24°$

C 10

a,b Zie figuur 4.3a.



4.3a



4.3b

c Gebruik de schaal 1 cm ≙ 1 N.
De samengestelde kracht is 4,9 N.

d De etui is in rust. Dus de krachten compenseren elkaar. De zwaartekracht is even groot als de samengestelde kracht omhoog.

e Zie figuur 4.3b. De spankrachten zijn nu kleiner, ook al is hun samengestelde kracht even groot.

B 11

a 90 km/h = $90 \cdot 10^3$ m / 3600 s = 25 m/s. Dus als je vooruit loopt, is je snelheid 30 m/s. Als je tegen de rijrichting in loopt, is de snelheid 20 m/s.

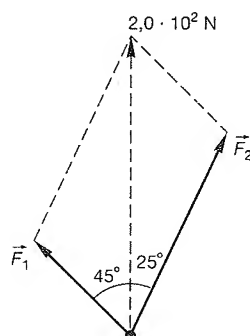
b $v_{tot}^2 = 25^2 + 10^2 = 725 \rightarrow v_{tot} = 27$ m/s

B 12

De passagiers, de banken ... de trein: deze voorwerpen en personen vormen samen één systeem. De kracht op de leuning is een inwendige kracht die geen invloed heeft op de beweging van de trein.

B 13

Zie figuur 4.4. Na opmeten blijkt $F_1 = 0{,}90 \cdot 10^2$ N en $F_2 = 1{,}5 \cdot 10^2$ N.



4.4

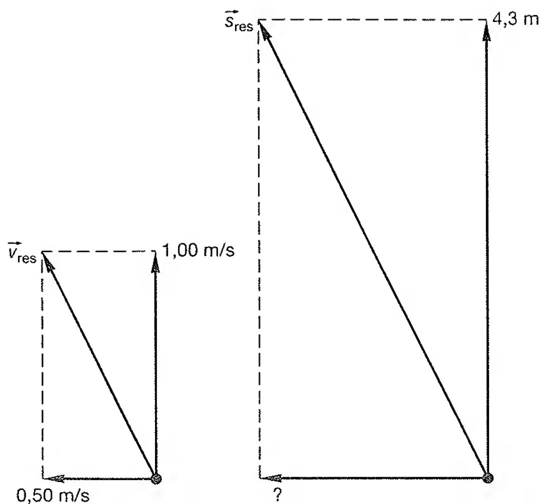
B 14

Nee. Je hebt te maken met bewegingen binnen het voorwerp. Bij een blokmassa let je op één beweging van het gehele voorwerp.

C 15

a Je totale snelheid ten opzichte van de oever is 1,5 m/s. Dus je doet over 100 m 100/1,50 = 66,7 s.

b Zie figuur 4.5.



4.5

Over 4,3 m doe je 4,3/1,0 = 4,3 s. In die tijd ga je 4,3 × 0,5 = 2,2 m met de stroom mee.
De verplaatsing s_{res} volgt uit $s^2_{res} = 4{,}3^2 + 2{,}2^2 \rightarrow s_{res} = 4{,}8$ m
Alternatief:
De resulterende snelheid v_{res} bereken je met $\sqrt{(1{,}00^2 + 0{,}50^2)} = 1{,}12$ m/s (figuur 4.5).
Vergelijk de verplaatsingen en snelheden:
$s_{res} = (4{,}3 : 1{,}00) \times 1{,}12 = 4{,}8$ m

c Vectoren. Alleen bij vraag a komt dat neer op het gewoon optellen van getallen, omdat de vectoren in dezelfde richting wijzen.

C 16

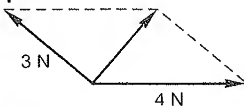
a Nee, als het voorwerp in rust is moet $F_{res} = 0$.
b Nee, als de snelheid gelijk blijft, moet $F_{res} = 0$.
c Ja, het zou de resultante van zwaartekracht en wrijvingskracht kunnen zijn die op de steen werkt (en de snelheid doet afnemen).

C 17

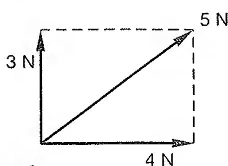
Zie figuur 4.6. Ja bij a, b, c, d. Nee bij e.



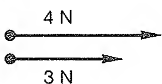
4.6a



4.6b



4.6c

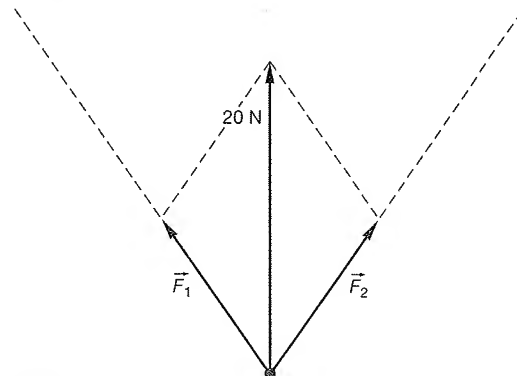


4.6d

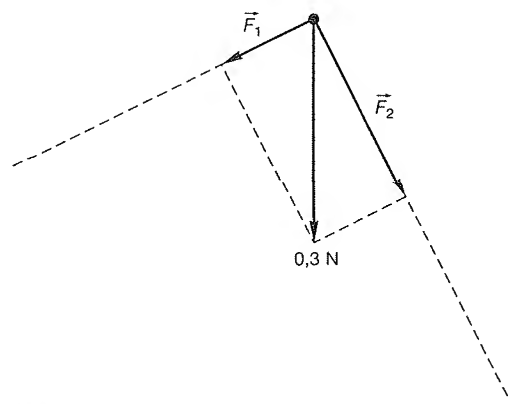
4.3 Soorten krachten

B 18

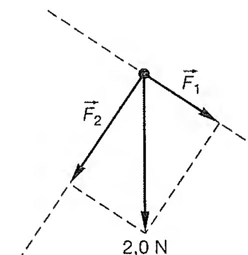
Zie figuur 4.7.



4.7a



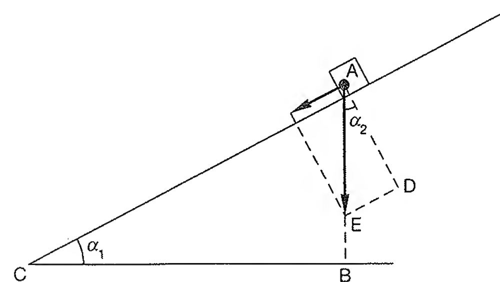
4.7b



4.7c

B 19

Bekijk driehoek CAB en driehoek ADE (figuur 4.8). ∠B en ∠D zijn 90°.
∠A in driehoek CAB is gelijk aan ∠E in driehoek ADE (Z-hoeken). Dus $\alpha_1 = \alpha_2$.



4.8

B 20

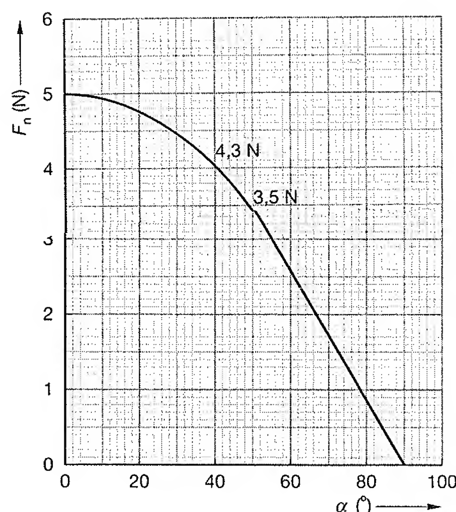
a Als $F_n = F_z$ dan is er geen helling: $\alpha = 0°$

b Als $F_n = 0$ N dan oefent de ondergrond geen kracht uit: $\alpha = 90°$.

c $F_{z,//} = F_z \cdot \sin \alpha$
$2{,}5 = 5{,}0 \times \sin \alpha$
$\sin \alpha = 0{,}5 \rightarrow \alpha = 30°$

d $F_{z,\perp} = F_z \cdot \cos \alpha$
$2{,}5 = 5{,}0 \times \cos \alpha$
$\cos \alpha = 0{,}5 \rightarrow \alpha = 60°$

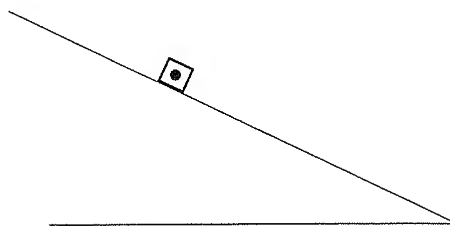
e $F_n = F_z \cdot \cos \alpha = 5{,}0 \times \cos \alpha$
$\alpha = 0° \rightarrow F_n = 5{,}0$ N
$\alpha = 30° \rightarrow F_n = 4{,}3$ N
$\alpha = 45° \rightarrow F_n = 3{,}5$ N
$\alpha = 60° \rightarrow F_n = 2{,}5$ N
$\alpha = 90° \rightarrow F_n = 0$ N
Zie figuur 4.9.



4.9

A 21

a Zie figuur 4.10.



4.10

b F_n, F_z en F_{span}

c De resultante van deze krachten is 0.

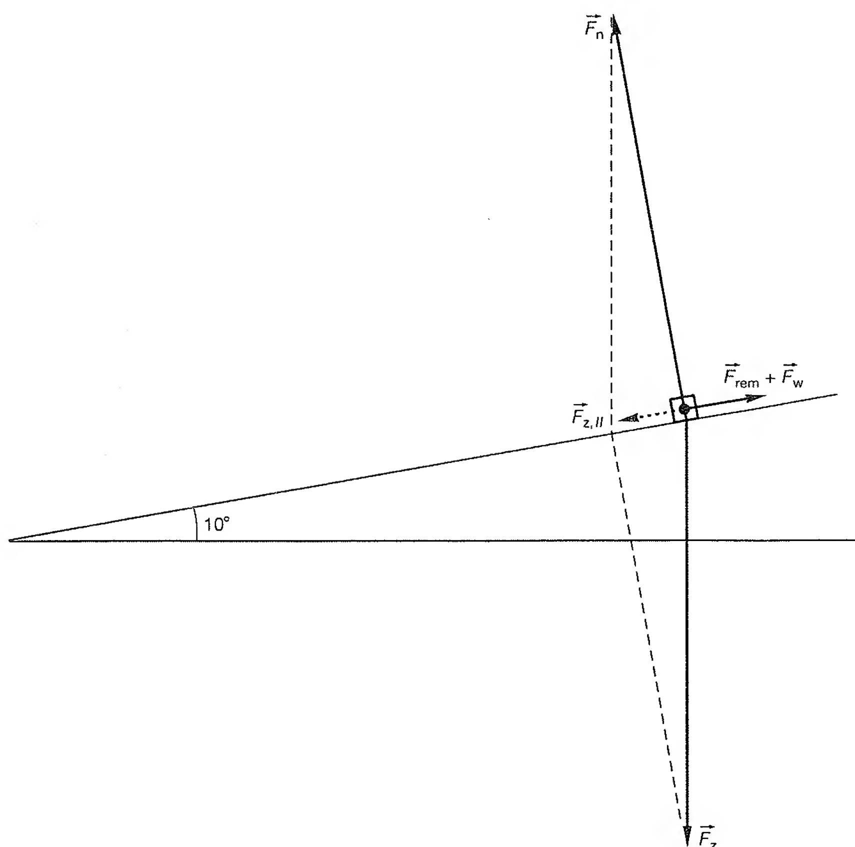
d $F_n = F_{z,\perp} = F_z \cdot \cos \alpha$
$F_{span} = F_{z,//} = F_z \cdot \sin \alpha$

B 22

a Zie figuur 4.11.

b De auto staat stil. De remkracht en de wrijvingskracht samen zijn even groot als de component van de zwaartekracht langs de helling.
$F_{z,//} = F_z \cdot \sin \alpha = 900 \times 9{,}81 \times \sin 10° = 1{,}5 \cdot 10^3$ N

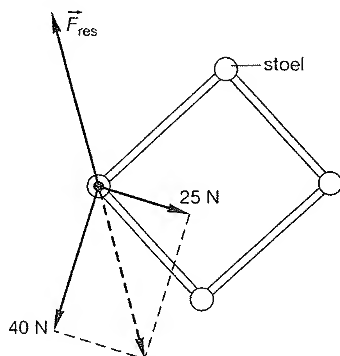
c Er is evenwicht van krachten langs de helling.
$1{,}5 \cdot 10^3$ N naar beneden (vraag b) moet gecompenseerd worden door $0{,}21 \cdot 10^3$ N naar boven (wrijving) en de remkracht (naar boven).
$F_{rem} = 1{,}5 \cdot 10^3 - 0{,}21 \cdot 10^3 = 1{,}3 \cdot 10^3$ N



4.11

C 23

Met de stelling van Pythagoras volgt de samengestelde kracht van beide peuters (figuur 4.12): $\sqrt{(25^2 + 40^2)} = 47$ N

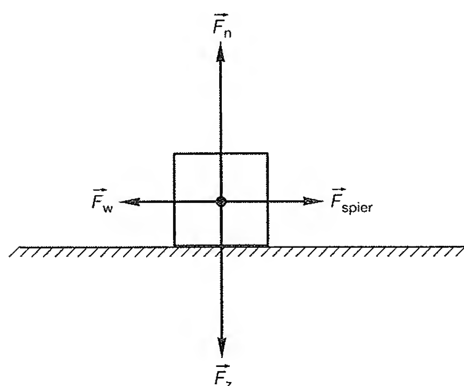


4.12

De resultante op de stoel is nul. De wrijvingskracht compenseert dus deze samengestelde kracht → $F_w = 47$ N

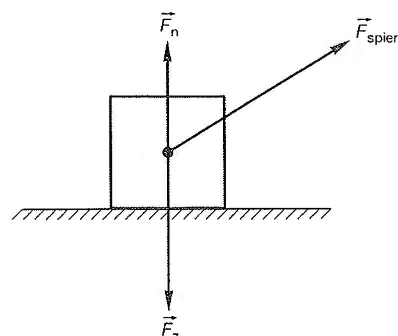
B 24

1 Zie figuur 4.13a. In twee richtingen compenseren de krachten elkaar.
Horizontaal: spierkracht en, wrijvingskracht
Verticaal: zwaartekracht en normaalkracht



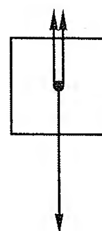
4.13a

2 Zie figuur 4.13b. Twee elkaar compenserende krachten verticaal (zwaartekracht naar beneden en normaalkracht uit bodem naar boven) en spierkracht in schuin omhoog.



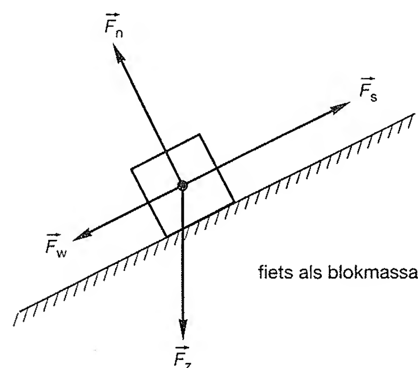
4.13b

3 Zie figuur 4.13c. De krachten zijn: zwaartekracht naar beneden, twee spankrachten van ringen naar boven.



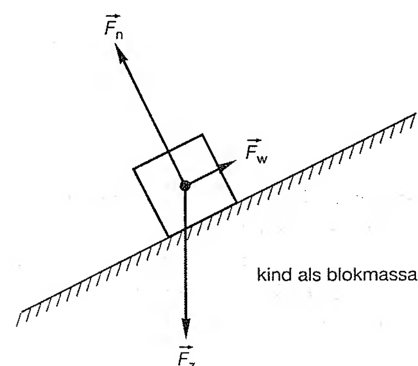
4.13c

4 Zie figuur 4.13d. $\vec{F}_z$: zwaartekracht naar beneden; $\vec{F}_n$: normaalkracht loodrecht uit helling naar boven; $\vec{F}_s$: kracht langs helling naar boven; $\vec{F}_w$: kracht langs de helling naar beneden. $\vec{F}_z$ en $\vec{F}_n$ moeten zo worden getekend, dat hun resultante langs het vlak naar beneden wijst. $\vec{F}_s$ is minstens even groot als die resultante + $\vec{F}_w$.



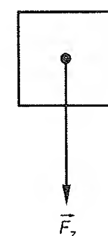
4.13d

5 Zie figuur 4.13e. $\vec{F}_z$: zwaartekracht naar beneden, wrijvingskracht naar boven langs glijvlak, $\vec{F}_n$: kracht loodrecht uit glijvlak naar boven.
Resultante van $\vec{F}_z$ en $\vec{F}_n$ moet langs helling naar beneden zijn en iets groter dan $\vec{F}_w$.



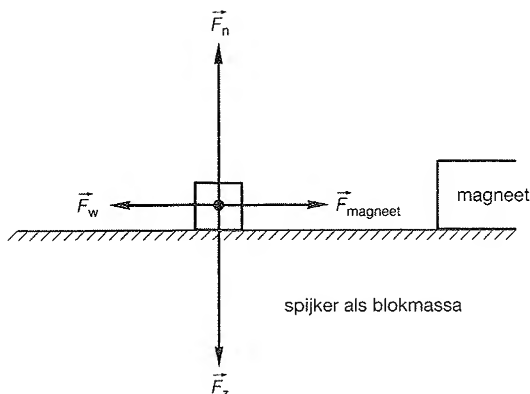
4.13e

6 Zie figuur 4.13f. Alleen zwaartekracht naar beneden.



4.13f

7 Zie figuur 4.13g. Zwaartekracht, normaalkracht uit bodem naar boven, kracht naar magneet toe, wrijvingskracht langs bodem.



4.13g

B 25

Kijk op de ▸site.

4.4 De 'Proef van de arbeid'

B 26

a Als voorbeeld: Arbeid adelt.
Door te werken word je een beter mens (van adel).

b Nee, er is geen kracht die verplaatst wordt.

A 27

Er is een bepaalde arbeid nodig om een 'goede' snelheid te krijgen.
$W = F \cdot s$. De combinatie van een kleine F en grote s levert een even grote arbeid als de combinatie van een grote F en een kleine s.

B 28

a Spierkracht van de voet op de bal, de afstand waarover de voet wordt bewogen gedurende het balcontact

b Spierkracht van de hand op de bal, de afstand waarover de hand wordt bewogen gedurende het balcontact

c Veerkracht van de snaren van het racket op de bal, afstand waarover de snaren worden ingedrukt en waarover het racket wordt bewogen

d Kracht van de knuppel en de afstand waarover de knuppel wordt bewogen

A 29

Om voorwerpen te laten bewegen zonder afremmende werking van de wrijvingskracht.

A 30

a Door een kracht ... op een voorwerp.

b N · m of J(oule)

c Nee

A 31

$W = F \cdot s$ en $F_z = m \cdot g \rightarrow W = 1{,}2 \times 9{,}81 \times 3{,}0 = 35$ N · m

A 32

$W = F \cdot s = 2{,}4 \times 3{,}1 = 7{,}4$ N · m

B 33

Bij een 2× zo grote arbeid hoort geen 2× zo grote snelheid.

C 34

a Je snelheid moet verminderd worden. Daar is een kracht voor nodig en je verplaatst je.

b De wrijvingskracht van de stoel en de veerkracht van de ruit.

c Arbeid = kracht × verplaatsing. Bij uitrekken van de gordel is er wel een verplaatsing. De kracht is kleiner om toch dezelfde arbeid te verrichten.

B 35

a Een slag met een honkbalknuppel, de kracht bij een botsing

b Bij het ophijsen van een voorwerp aan een takel, het aandraaien van een (wiel)moer met een gereedschapssleutel

B 36

a Er is een constante snelheid $\rightarrow F_{spier}$ compenseert F_z.

b $W = -F_z \cdot s$ (denk aan minteken: F_z wijst naar beneden en s is naar boven).
$F_z = m \cdot g = 5{,}1 \times 9{,}81 = 50$ N $\rightarrow$
$W = -50 \times 1{,}5 = -75$ N · m

c $F_{spier} = 50$ N (zie vraag a en b)
$W = F_{spier} \cdot s = 50 \times 1{,}5 = 75$ N · m

d $W_{tot} = -75 + 75 = 0$ N · m

4.5 Arbeid in andere situaties

A 37

a $W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$

b $\alpha = 90° \rightarrow W = F \cdot s \cdot 0 = 0$

c $\alpha = 180° \rightarrow W = F \cdot s \cdot (-1) = -F \cdot s$

B 38

a De spierkracht van de hand

b De bal wordt afgeremd. De spierkracht is tegengesteld gericht aan de verplaatsing.

B 39

a Er is sprake van een verplaatsing tegengesteld aan de richting van de kracht, dus geldt $W < 0$.

b Er is geen sprake van verplaatsing in de richting van de kracht, dus $W = 0$.

B 40

$W = \frac{1}{2} W_{max} \rightarrow F \cdot s \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2} F \cdot s \rightarrow \cos \alpha = 0{,}5 \rightarrow \alpha = 60°$

B 41

a $W_z = 0$ N · m (hoek tussen F_z en s is 90°)

b $W_n = 0$ N · m (hoek tussen F_n en s is 90°)

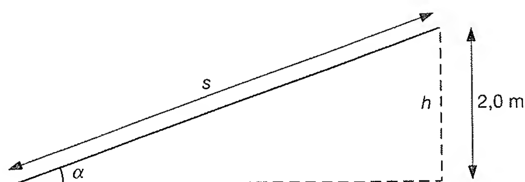
c $W_{spier} = 28 \times 21 = 5{,}9 \cdot 10^2$ J

d Constante snelheid $\rightarrow F_{res} = 0 \rightarrow W_{tot} = 0 \rightarrow$
$W_{spier} + W_w = 0$. Dus $W_w = -5{,}9 \cdot 10^2$ N · m
$W_w = -28 \times 21 = -5{,}9 \cdot 10^2$ N · m

e Constante snelheid $\rightarrow F_w = F_{spier} = 28$ N

C 42

a De spierkracht die je uitoefent, is gelijk aan de component van de zwaartekracht langs de helling. $F_{spier} = F_z \cdot \sin \alpha$; Zie figuur 4.14.



4.14

$s = h / \sin \alpha$

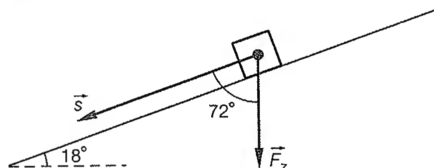
Dus $W = F_s \cdot s = (F_z \cdot \sin \alpha) \cdot h / \sin \alpha = F_z \cdot h$

De hellingshoek komt niet in de formule voor. Alleen de zwaartekracht en de hoogte zijn van belang.

b $W = F \cdot s$. Door een lange helling te kiezen (s is groot), heb je aan een kleine spierkracht genoeg.

C 43

a $W_z = F_z \cdot s \cdot \cos \alpha$; $\alpha = 72°$. Zie figuur 4.15.



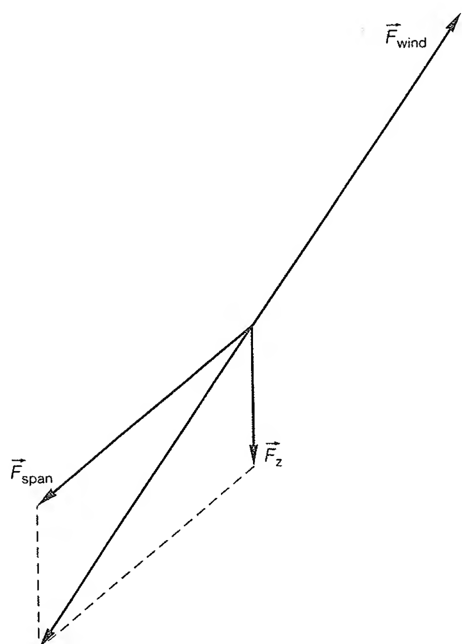
4.15

$W_z = 0{,}050 \times 9{,}81 \times 2{,}0 \times \cos 72° = 0{,}30$ N · m

b $W_n = 0$ N · m (hoek tussen F_n en s is 90°)

C 44

a Zie figuur 4.16. Teken eerst de samengestelde kracht van F_{span} en F_z. De windkracht is even groot, maar tegengesteld omdat er krachtenevenwicht is.



4.16

b $W_z = F_z \cdot s \cdot \cos \alpha = -F_z \cdot s_z = -1{,}020 \times 9{,}81 \times 31 = 3{,}1 \cdot 10^2$ N · m

c $W_{span} = 0$ N · m De spankracht staat voortdurend loodrecht op de verplaatsing.

B 45

De gemiddelde kracht bij de uitrekking tussen 0 en 2,0 cm is 5,0 N.

Voor de uitrekking tot 2,0 cm is de arbeid $5{,}0 \times 0{,}020 = 0{,}10$ N · m

De gemiddelde kracht bij de uitrekking tussen 2,0 cm en 3,0 cm is 15 N.

Voor de uitrekking van 2,0 tot 3,0 cm is de arbeid $15 \times 0{,}01 = 0{,}15$ N · m →

$W_{tot} = 0{,}10 + 0{,}15 = 0{,}25$ N · m

C 46

a Zie het diagram in het leerboek. Geschat: spanning is gemiddeld 13 V.
Het verhoudingsgetal is $1{,}26 \cdot 10^5 / 13 = 1{,}0 \cdot 10^4$ N/V

b $s = 670$ mm (zie diagram)
$W = -F \cdot s = -1{,}26 \cdot 10^5 \times 0{,}670 = -8{,}44 \cdot 10^4$ J

c Een zwaardere auto komt bij dezelfde snelheid moeilijker tot stilstand. Om dezelfde verplaatsing (= vervorming) te krijgen, is een grotere kracht nodig.

4.6 Kracht en versnelling

A 47

a Het tempo waarin de snelheid verandert, oftewel de verandering in de snelheid per seconde.

b $a = \Delta v / \Delta t$

c In gelijke tijdsduren neemt de snelheid evenveel toe (of af).

d In (▸binas) staat de formule voor de rechtlijnige beweging. Dan is de snelheid altijd langs (dezelfde) rechte lijn gericht. Alleen de grootte van de snelheid verandert dus. Het tempo waarin die verandert, wordt meestal gevraagd. Het gaat dus om de grootte van de versnelling.

e Bij een eenparig versnelde beweging is $\Delta v / \Delta t$ constant (de steilheid van de grafiek in het v,t-diagram) en kun je dus spreken over dé versnelling. Bij niet eenparig versnelde bewegingen zal $\Delta v / \Delta t$ steeds anders zijn en dus bereken je dan een gemiddelde over de gekozen Δt.

A 48

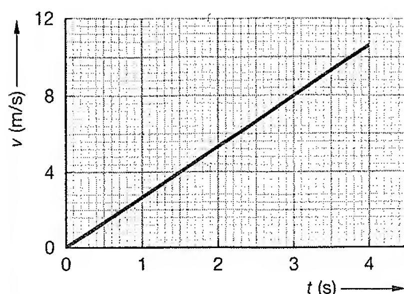
a $\Delta v = v_{eind} - v_{begin}$
$\Delta v = 0 - 30 = -30$ m/s

b $a = \Delta v / \Delta t$
$a = -30 / 0{,}65 = -46$ m/s²

c $\Delta v = v_{eind} - v_{begin}$
$\Delta v = -30 - 30 = -60$ m/s

B 49

Zie figuur 4.17. Elke seconde neemt de snelheid toe met 2,6 m/s. De snelheid op t = 4,0 s is 2,6 × 4,0 = 10,4 m/s



4.17

B 50

50 km/h = 13,9 m/s = 13,9 $m \cdot s^{-1}$

$a = \Delta v / \Delta t$; a = 1,21 $m \cdot s^{-2}$, Δt = 14,2 s →

$\Delta v = a \cdot \Delta t$ = 1,21 × 14,2 = 17,2 $m \cdot s^{-1}$

De snelheid na 14,2 s is 13,9 + 17,2 = 31,1 $m \cdot s^{-1}$

31,1 $m \cdot s^{-1}$ = 31,1 × 3,6 = 112 km/h

B 51

38 km/h = 10,6 $m \cdot s^{-1}$

$a = \Delta v / \Delta t$ → $\Delta t = \Delta v / a$ = −10,6 / −5,0 = 2,1 s

B 52

$a = \Delta v / \Delta t$ = steilheid

In de eerste periode: a = 6,0/2,0 = 3,0 $m \cdot s^{-2}$

In de tweede periode: a = 0

In de derde periode : a = −6,0/3,0 = −2,0 $m \cdot s^{-2}$

B 53

a In gelijke tijdsduren is er een even grote verandering in de snelheid ('eenparig versneld') of een even grote verandering in de plaats ('eenparig').

b $a = \Delta v / \Delta t$ = 1,8/0,75 = 2,4 $m \cdot s^{-2}$

c Op t = 0,75 s (snijpunt twee grafiekdelen)

C 54

a $W_{[illegible]} = -F_{[illegible]} \cdot s$ = −1,32·10^5 × 59 = −7,8·10^6 N·m

b v_{eind} = 0 m/s

c $v_{gem} = s / t$ = 59 / 2,1 = 28 m/s

d $v_{gem} = (v_{eind} + v_{land}) / 2$ → v_{land} = 56,2 m/s → 56 m/s

e $a = \Delta v / \Delta t$ = 0 − 56,2 / 2,1 = −27 m/s^2

R 55

	omhoog	bovenste punt	omlaag
snelheid	naar boven gericht	gelijk aan nul, richting keert om	naar beneden gericht
	wordt kleiner	gelijk aan nul	wordt groter
kracht	naar beneden gericht	naar beneden gericht	naar beneden gericht
	blijft even groot	blijft even groot	blijft even groot
versnelling	naar beneden gericht	naar beneden gericht	naar beneden gericht
	blijft even groot	blijft even groot	blijft even groot

B 56

Kijk op de (▸site).

4.7 De tweede wet van Newton

A 57

a $a = \Delta v / \Delta t$ = steilheid = 4,6 / 5,0 = 0,92 m/s^2

b $a = F_{res} / m$ = 0,294 / 0,320 = 0,919 m/s^2

A 58

De grafiek loopt schuin en recht door de oorsprong met een 2× zo grote steilheid als de grafiek die hoort bij 1,00 kg. Dus door (0;0) en (62 m/s^2; 6 N)

B 59

10 km/h = 2,78 m/s

$a = \Delta v / \Delta t$ = 2,78 / 0,20 = 13,9 m/s

$F_{res} = m \cdot a$ = 60 × 13,9 = 8,3·10^2 N

B 60

$a = \Delta v / \Delta t$

a = (−31 − 22) / 0,0013 = −4,08·10^4 $m \cdot s^{-2}$

$F_{res} = m \cdot a$

F_{res} = −0,200 × 4,08·10^4 = −8,2·10^3 N

Het minteken geeft aan dat de richting van $\vec{a}$ en $\vec{F}_{res}$ tegengesteld is aan die van de beginsnelheid. De grootte van F_{res} is 8,2·10^3 N.

B 61

a $F_{res} = m \cdot a = m \cdot \Delta v / \Delta t$ → $F_{res} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$

b $[F] \cdot [\Delta t] = [m] \cdot [\Delta v]$

$[F] \cdot s = kg \cdot m \cdot s^{-1}$ → $[F] = kg \cdot m \cdot s^{-2}$

C 62

a De snelheid neemt in die periode iedere seconde met een vast bedrag toe.

b De snelheid neemt niet iedere seconde met een vast bedrag toe.

c De motorkracht is niet constant of de wrijvingskracht wordt steeds groter.

d $a_{gem} = \Delta v / \Delta t$ = 25,0 / 12,0 = 2,08 m/s^2

e $F_{res,gem}$ = 980 × 2,08 = 2,04·10^3 N

f $F_{res,gem}$ = 980 × 15 / 3,0 = 4,9·10^3 N

B 63

$F_{res} = m \cdot a$

1,32·10^5 = 4,9·10^3 × a → a = 27 $m \cdot s^{-2}$

Opmerking: Dit ziet er een stuk gemakkelijker uit als de manier in opdracht 20!

B 64

Dubbele massa is 2 × 290 = 580 g. Bij een aandrijfgewicht van 30 g is de massa van de slee 550 g. Vergelijk je met een aandrijfgewicht van 40 g of 60 g dan zijn de sledemassa's 540 g of 520 g.

R 65

-

B 66

Kijk op de ▸site.

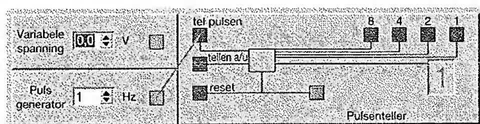
R 67

Kijk op de ▸site.

05 Onderzoeken en ontwerpen

B 1

a Zie figuur 5.1.



5.1

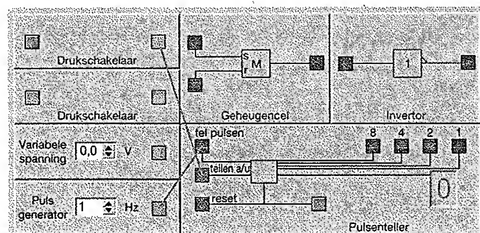
b De pulsgenerator op een hogere frequentie zetten.

B 2

a Zolang drukschakelaar 1 ingedrukt is, telt de teller. Als je drukschakelaar 1 loslaat, wordt de teller weer gereset.

b Als je de drukschakelaar weer indrukt, telt de teller weer vanaf 0.

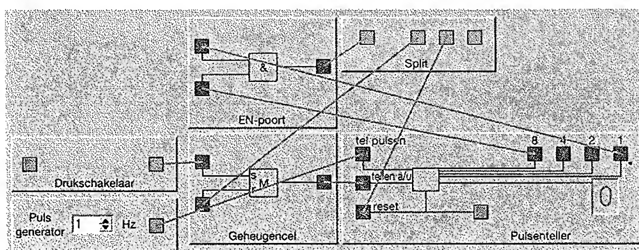
c Zie figuur 5.2.



5.2

B 3

Zie figuur 5.3.



5.3 In deze versie van het programma **Systeembord** kunnen er uit één uitgang nooit twee snoertjes verder. Vandaar dat er een 'splitter' nodig is. In werkelijkheid kan vanuit de EN-poort een snoertje naar reset Teller en één naar reset GEHEUGENCEL.

B 4

a Als het ene signaal hoog is en het andere laag, dan ontstaat er kortsluiting.

b Je moet dan een OF-poort gebruiken.

basisontwerp: Greet Egbers, Marieke Zwartenkot, Amsterdam
opmaak: Mediabuilders, Zutphen
technisch tekenwerk: Mediabuilders, Zutphen en DDCOM, Veldhoven

ISBN 978-90-11-09912-8

225297

www.natuurkundeoveral.epn.nl/v1

LEERBOEK SITE UITWERKINGEN HANDLEIDING TOETSEN

auteurs
Pieter Hogenbirk
Maria Cornelisse
Jan Frankemölle
Dik Jager
Wim Keller
Theo Timmers

epn

ISBN 978-90-11-09912-8

